



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

**“ESTUDIO COMPARATIVO Y ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DE EL AGUA
POTABLE EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PARROQUIA GUAPÁN
DEL CANTÓN AZOGUES”**

**Tesis previa a la obtención del título de
Bioquímico Farmacéutico**

Autores:

Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento

María Luisa Torres Sigüenza

Directora:

Dra. Mariana Elizabeth Saá Cruz

Cuenca-Ecuador

2013

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un estudio comparativo y estadístico de la calidad del agua de las redes de distribución de EMAPAL, FISE y Plan Internacional, que abastecen a las diferentes comunidades de la parroquia Guapán del cantón Azogues, con la finalidad de evaluar la eficiencia del tratamiento de potabilización de cada red, verificando además el cumplimiento o no de los requisitos físico-químicos y microbiológicos contemplados en la normativa de referencia NTE INEN 1108:2011.

En este trabajo el tipo de estudio es analítico, prospectivo de corte longitudinal y el planteamiento del diseño es no experimental.

El cálculo del tamaño de la muestra se realizó tomando como referencia la tabla de muestreo de la NTE INEN 1108:2011; se analizaron 87 muestras, las mismas que fueron tomadas de las vertientes, planta de tratamiento y redes domiciliarias, la frecuencia del muestreo fue de una vez por semana, comprendiendo 29 muestras por mes, durante los meses de Mayo, Junio y Julio respectivamente.

Para el análisis de la calidad de agua, se manejaron parámetros físico-químicos (turbiedad, color, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad, pH, dureza, cloruros, cloro residual) y microbiológicos (coliformes totales y fecales) en cada una de las muestras obtenidas.

Se aplicaron parámetros de centralización y dispersión para el análisis estadístico de los datos. El programa empleado fue Microsoft Excel 2010.

Los resultados obtenidos mostraron que la red de distribución correspondiente al FISE no cumple con los parámetros microbiológicos ni de cloro residual, turbiedad y color, establecidos en la normativa de referencia.

PALABRAS CLAVES

Agua Potable, Calidad del Agua, Calidad Microbiológica, Calidad Físico – Química, Proceso de Potabilización, Filtración Rápida, Filtración Lenta, Calidad del agua.

ABSTRACT

This paper aims to conduct a comparative study of water quality in distribution networks EMAPAL, FISE and Plan International, which cater to different communities the parish Guapán the canton Azogues, in order to evaluate purification treatment efficiency of each network, and verifying compliance or not of the physical, chemical and microbiological requirements of the reference standard NTE INEN 1108:2011.

In this work the analytical type of study, prospective longitudinal and the approach is non-experimental design.

The calculation of sample size was performed by reference to table sampling NTE INEN 1108:2011; 87 samples were analyzed, they were taken at random from the slopes, treatment plant and home networks, the frequency of sampling was once a week, comprising 29 samples per month during the months of May, June and July respectively.

For the analysis of water quality, were applied physicochemical parameters (turbidity, color, temperature, total dissolved solids, conductivity, pH, hardness, chloride, chlorine residual) and microbiological (total and fecal coliforms) in each the samples obtained.

Centralization and dispersion parameters for statistical analysis of the data were applied. The program used was Microsoft Excel 2010.

The results showed that the relevant distribution to FISE not meet with microbiological parameters, residual chlorine, turbidity and color, of the normative reference.

KEYWORDS

Water, Water Quality, Microbiological Quality, Quality Physical – Chemistry, Purification Process, Quick Filters, Filtration Slow, Water Quality.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 20 |
| CAPÍTULO 1 | 21 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 21 |
| 1.1. Tratamiento de el agua | 21 |
| 1.1.1. <i>Planta de tratamiento de EMAPAL EP- Zhindilig.</i> | 21 |
| 1.1.2. <i>Proceso de potabilización en la planta de tratamiento de EMAPAL EP</i> <i>- Zhindilig</i> | 22 |
| 1.1.2.1. <i>Captación.</i> | 22 |
| 1.1.2.2. <i>Coagulación.</i> | 22 |
| 1.1.2.3. <i>Mezclado.</i> | 23 |
| 1.1.2.4. <i>Floculación.</i> | 23 |
| 1.1.2.5. <i>Sedimentación.</i> | 24 |
| 1.1.2.6. <i>Filtración rápida.</i> | 26 |
| 1.1.2.7. <i>Desinfección mediante cloro gaseoso.</i> | 26 |
| 1.1.3. <i>Potabilización en las plantas del PI y el FISE</i> | 27 |
| 1.1.3.1. <i>Transporte del líquido a la planta de tratamiento.</i> | 27 |
| 1.1.3.2. <i>Filtración Lenta.</i> | 30 |
| 1.1.3.3. <i>Desinfección.</i> | 32 |
| 1.1.3.4. <i>Distribución.</i> | 33 |
| 1.2. Calidad del agua | 34 |
| 1.2.1. <i>Parámetros de calidad del agua.</i> | 34 |
| 1.2.1.1. <i>Parámetros Físicos de calidad del agua</i> | 35 |
| 1.2.1.2. <i>Parámetros químicos de calidad del agua</i> | 37 |
| 1.2.1.3. <i>Parámetros microbiológicos de calidad del agua</i> | 40 |
| CAPITULO 2 | 42 |
| 2. MATERIALES Y MÉTODOS | 42 |
| 2.1. Tipo de estudio, diseño de la investigación y análisis estadístico | 42 |
| 2.1.1. <i>Tipo de investigación</i> | 42 |
| 2.1.2. <i>Planteamiento del diseño</i> | 42 |
| 2.1.3. <i>Análisis estadístico</i> | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 2.1.3.1. Medidas de Centralización..... | 42 |
| 2.1.3.2. Parámetros de Dispersión..... | 42 |
| 2.2. Población de estudio..... | 43 |
| 2.3. Muestreo | 43 |
| 2.4. Toma de muestra | 44 |
| 2.4.1. Agua proveniente de la captación de la vertiente. | 44 |
| 2.4.2. Agua proveniente de la planta de tratamiento. | 45 |
| 2.4.3. Agua de las redes de distribución domiciliaria..... | 45 |
| 2.5. Materiales..... | 45 |
| 2.5.1. Materiales para campo | 45 |
| 2.5.2. Materiales para laboratorio..... | 46 |
| 2.5.3. Equipos..... | 46 |
| 2.5.4. Reactivos..... | 46 |
| 2.6. Análisis físico-químico del agua | 47 |
| 2.6.1. Análisis físico..... | 47 |
| 2.6.1.1. Determinación de la turbiedad. Método Nefelométrico | 47 |
| 2.6.1.2. Determinación del color..... | 47 |
| 2.6.2. Análisis químico..... | 48 |
| 2.6.2.1. Determinación del pH..... | 48 |
| 2.6.2.2. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA | 48 |
| 2.6.2.3. Determinación de dureza cálcica método EDTA..... | 49 |
| 2.6.2.4. Determinación de cloruros. Método Argentométrico | 50 |
| 2.6.2.5. Determinación de cloro residual. Método colorimétrico con ortotolidina..... | 51 |
| 2.7. Análisis microbiológico del agua | 51 |
| 2.7.1. Método de Colilert para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales | 51 |
| 2.8. Flujograma integrado de trabajo | 53 |
| 2.8.1. Flujograma del Análisis Físico-Químico:..... | 53 |
| 2.8.2. Flujograma del Análisis Microbiológico:..... | 54 |
| CAPITULO 3 | 55 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 55 |
| 3.1. Análisis físico-químico..... | 55 |
| 3.1.1. Resultados estadísticos del control físico- químico de las vertientes..... | 55 |

| | |
|---|----|
| 3.1.1.1. <i>Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las vertientes.</i> | 56 |
| 3.1.2. <i>Resultados estadísticos del control físico- químico de las plantas de tratamiento.</i> | 60 |
| 3.1.2.1. <i>Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos del agua de ingreso.</i> | 61 |
| 3.1.2.2. <i>Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos del agua de salida</i> | 62 |
| 3.1.2.3. <i>Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las plantas de tratamiento: agua de ingreso y agua de salida.</i> | 63 |
| 3.1.3. <i>Resultados estadísticos del control físico-químico de las redes domiciliarias</i> | 74 |
| 3.1.3.1. <i>Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las redes domiciliarias.</i> | 75 |
| 3.2. <i>Análisis microbiológico</i> | 85 |
| 3.2.1. <i>Vertientes</i> | 85 |
| 3.2.2. <i>Plantas de Tratamiento.</i> | 86 |
| 3.2.3. <i>Redes Domiciliarias</i> | 89 |
| CONCLUSIONES..... | 94 |
| RECOMENDACIONES | 96 |
| BIBLIOGRAFÍA | 97 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Clasificación de las aguas por su dureza | 38 |
| Tabla 2. Cronograma de muestreo para el análisis | 44 |
| Tabla 3. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la vertiente de Corazón Hurco. | 55 |
| Tabla 4. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la vertiente de Saguín..... | 55 |
| Tabla 5. Resultados estadísticos del agua de ingreso de la planta de Zhindilig- Emapal. | 61 |
| Tabla 6. Resultados estadísticos del agua de ingreso de la planta de PI. | 61 |
| Tabla 7. Resultados estadísticos del agua de ingreso de la planta de FISE. | 62 |
| Tabla 8. Resultados estadísticos del agua de salida de la planta de Zhindilig- Emapal. | 62 |
| Tabla 9. Resultados estadísticos del agua de salida de la planta de PI..... | 63 |
| Tabla 10. Resultados estadísticos del agua de salida de la planta de FISE. | 63 |
| Tabla 11. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de Zhindilig - EMAPAL. | 74 |
| Tabla 12. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de PI..... | 75 |
| Tabla 13. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de FISE. | 75 |
| Tabla 14. Resultados del análisis físico-químico de la vertiente de Corazón Hurco. | 113 |
| Tabla 15. Resultados del análisis físico-químico de la vertiente de Saguín. | 113 |
| Tabla 16. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de Zhindilig, EMAPAL. | 114 |
| Tabla 17. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de PI. | 115 |
| Tabla 18. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de FISE. | 116 |
| Tabla 19. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliaria de EMAPAL. | 117 |
| Tabla 20. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliaria de PI..... | 119 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 21. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliaria de FISE. | 121 |
| Tabla 22. Resultados del análisis microbiológico de la vertiente de Corazón Hurco. | 123 |
| Tabla 23. Resultados del análisis microbiológico de la vertiente de Saguín. | 123 |
| Tabla 24. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de Zhindilig-EMAPAL. | 124 |
| Tabla 25. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de PI. | 125 |
| Tabla 26. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de FISE. | 126 |
| Tabla 27. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de EMAPAL..... | 127 |
| Tabla 28. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de FISE. | 128 |
| Tabla 29. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de PI. | 129 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Captación Corazón Hurco | 22 |
| Figura 2. Floculadores..... | 24 |
| Figura 3. Sedimentadores | 25 |
| Figura 4. Captación de la Laguna de Saguín | 27 |
| Figura 5. Captación de la Quebrada de Corazón Hurco | 28 |
| Figura 6. Transporte del agua mediante tubería PVC hacia los cajones de captación..... | 28 |
| Figura 7. Llegada del agua al cajón de captación | 29 |
| Figura 8. Llegada del agua a la planta de tratamiento | 29 |
| Figura 9. Caja de concreto | 30 |
| Figura 10. Sistema de drenaje cubierto por piedras..... | 30 |
| Figura 11. Arena Cuarcífera | 31 |
| Figura 12. Tanque de Almacenamiento | 33 |
| Figura 13. Tanque Dosificador | 33 |
| Figura 14. Turbidímetro Marca HACH, modelo 2100AN. | 47 |
| Figura 15. Potenciómetro Marca Orion Research, modelo 301..... | 48 |
| Figura 16. Sellador Quanti – Tray Sealer | 52 |
| Figura 17. Pocillos Negativos | 52 |
| Figura 18. Pocillos Positivos..... | 52 |
| Figura 19. Pocillos Positivos luz UV | 52 |

LISTA DE GRÁFICAS

| | Pág. |
|--|------|
| Gráfica 1. Comparación de pH entre las vertientes..... | 56 |
| Gráfica 2. Comparación de color entre las vertientes..... | 56 |
| Gráfica 3. Comparación de turbiedad entre las vertientes. | 57 |
| Gráfica 4. Comparación de conductividad entre las vertientes..... | 58 |
| Gráfica 5. Comparación de sólidos totales entre las vertientes..... | 58 |
| Gráfica 6. Comparación de cloruros entre las vertientes..... | 59 |
| Gráfica 7. Comparación de dureza total entre las vertientes..... | 59 |
| Gráfica 8. Comparación de dureza cálcica entre las vertientes..... | 60 |
| Gráfica 9. Comparación de temperatura entre las plantas de tratamiento. | 64 |
| Gráfica 10. Comparación de pH entre las plantas de tratamiento. | 65 |
| Gráfica 11. Comparación de color entre las plantas de tratamiento..... | 66 |
| Gráfica 12. Comparación de turbiedad entre las plantas de tratamiento..... | 67 |
| Gráfica 13. Comparación de conductividad entre las plantas de tratamiento..... | 68 |
| Gráfica 14. Comparación de sólidos totales disueltos entre las plantas de tratamiento. | 69 |
| Gráfica 15. Comparación de cloro residual entre las plantas de tratamiento. | 70 |
| Gráfica 16. Comparación de cloruros entre las plantas de tratamiento..... | 71 |
| Gráfica 17. Comparación de dureza total entre las plantas de tratamiento..... | 72 |
| Gráfica 18. Comparación de dureza cálcica entre las plantas de tratamiento..... | 73 |
| Gráfica 19. Comparación de la temperatura entre las redes de distribución. | 76 |
| Gráfica 20. Comparación del pH entre las redes de distribución..... | 77 |
| Gráfica 21. Comparación de color entre las redes de distribución. | 78 |
| Gráfica 22. Comparación de turbiedad entre las redes de distribución. | 79 |
| Gráfica 23. Comparación de conductividad entre las redes de distribución. | 80 |
| Gráfica 24. Comparación de sólidos totales disueltos entre las redes de distribución. | 81 |
| Gráfica 25. Comparación de cloro residual entre las redes de distribución..... | 82 |
| Gráfica 26. Comparación de cloruros entre las redes de distribución. | 83 |
| Gráfica 27. Comparación de dureza total entre las redes de distribución. | 84 |
| Gráfica 28. Comparación de Dureza cálcica entre las redes de distribución..... | 84 |

| | |
|---|----|
| Gráfica 29. Análisis de coliformes totales y fecales en las vertientes..... | 86 |
| Gráfica 30. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de Zhindilig – EMAPAL. | 86 |
| Gráfica 31. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de FISE. | 87 |
| Gráfica 32. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de PI..... | 88 |
| Gráfica 33. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de EMAPAL. | 89 |
| Gráfica 34. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de EMAPAL. | 90 |
| Gráfica 35. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de FISE..... | 90 |
| Gráfica 36. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de FISE..... | 91 |
| Gráfica 37. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de PI. | 92 |
| Gráfica 38. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de PI. | 92 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO A: Norma INEN: 1108 | 102 |
| ANEXO B: Certificado de realización de la parte práctica | 109 |
| ANEXO C: Preparación de Reactivos | 110 |
| ANEXO D: Ficha Técnica del Kit Colilert | 112 |
| ANEXO E: Resultados del análisis físico- químico de las vertientes | 113 |
| ANEXO F: Resultados del análisis físico- químico de las plantas de tratamiento | 114 |
| ANEXO G: Resultados del análisis físico- químico de las redes domiciliarias | 117 |
| ANEXO H: Resultados del análisis microbiológico de las vertientes | 123 |
| ANEXO I: Resultados del análisis microbiológico de las plantas de tratamiento. | 124 |
| ANEXO J: Resultados del análisis microbiológico de las redes de distribución. . | 127 |

Yo, Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento, autora de la tesis "Estudio comparativo y estadístico de la calidad de el agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 4 de Diciembre de 2013



Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento
031572160

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Yo, María Luisa Torres Sigüenza, autora de la tesis "Estudio comparativo y estadístico de la calidad de el agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Bioquímica Farmacéutica. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 4 de Diciembre de 2013



María Luisa Torres Sigüenza
0302204441

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Yo, Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento, autor de la tesis “Estudio comparativo y estadístico de la calidad de el agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 4 de Diciembre de 2013.



Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento
0301572160

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

Yo, María Luisa Torres Sigüenza, autor de la tesis “Estudio comparativo y estadístico de la calidad de el agua potable en las redes de distribución de la parroquia Guapán del cantón Azogues”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 4 de Diciembre de 2013.



María Luisa Torres Sigüenza
0302204441

Cuenca Patrimonio Cultural de la Humanidad. Resolución de la UNESCO del 1 de diciembre de 1999

Av. 12 de Abril, Ciudadela Universitaria, Teléfono: 405 1000, Ext.: 1311, 1312, 1316

e-mail cdjbv@ucuenca.edu.ec casilla No. 1103

Cuenca - Ecuador

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por sus infinitas bendiciones y por ser nuestro guía en todo momento.

A la Dra. Mariana Saá, directora de tesis, quién aparte de impartir sus valiosos conocimientos para la realización de este trabajo nos apoyó hasta el final para la culminación de ésta.

A la Dra. Edith Urgilés, “Jefe del Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de EMAPAL EP” por su amistad y su apoyo brindado en el laboratorio para que el análisis de este trabajo se realice de la mejor manera.

Al Arq. Marcelo Vázquez, “Gerente de EMAPAL EP” por abrirnos las puertas de tan prestigiosa empresa para la realización de este trabajo de investigación.

A la Dra. Susana Cabrera y al Ing. Fabián Ramón López, por su incondicional apoyo y gentil colaboración.

Nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas, que desinteresada e incondicionalmente, nos han apoyado de una u otra manera a lo largo de este proceso de investigación.

DEDICATORIA

A mi Tío Wilson por su cariño, amor y apoyo incondicional para realizar este sueño y verlo culminado.

A mi madre Ma. Elena, mi tía Ivett y mi hermana Dianita por ser mis consejeras, mis mejores amigas, por creer en mí y darme la fuerza necesaria para levantarme luego de cada tropiezo y continuar esta dura batalla.

A mi amado esposo Jorge Luis quien con paciencia y amor pudo guiarme e inspirarme para culminar esta meta.

A mi hijo Jorgito Eugenio lo más hermoso que existe, por motivarme a ser cada día mejor y a conseguir lo que me proponga.

María Luisa

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y por las bendiciones que recibo de Él cada día.

A mis padres, pues son la razón de mi vida, quienes siempre me apoyan, con ellos cuento incondicionalmente sin importar las circunstancias.

A mi familia, en especial a mi hermana y a mis tías Emma y Eugenia por estar pendientes de mí en todo momento.

A mis ángeles, mis abuelos y mi Suca quienes en cada momento me estuvieron cuidando.

A mis entrañables amigos, siempre los llevaré en mi corazón.

Daniela

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio es decir que sea suficiente, inocuo y accesible. La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud, por ello debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

El cumplimiento en el control de calidad del agua es de vital importancia para todas las personas que la utilizan tanto en sus hogares como en la industria, ya que si no se controla, puede ocasionar severos daños a la salud de los consumidores o a los equipos industriales.

En la parroquia Guapán del cantón Azogues funcionan tres redes de distribución de agua potable, EMAPAL EP, PLAN INTERNACIONAL y FISE; cada una de estas redes cuenta con un tratamiento de potabilización individual y, además, el proceso de la primera difiere de las dos siguientes, lo que puede ocasionar una variación importante en las características físicas, químicas y microbiológicas de cada una de las redes.

Por lo expuesto, se ha considerado importante realizar un estudio comparativo y estadístico de los parámetros de calidad físicos, químicos y microbiológicos del agua en las tres redes de distribución mencionadas para verificar el cumplimiento de los mismos según la normativa de referencia NTE INEN 1108: 2011.

En la actualidad en la Parroquia Guapán no se dispone de datos o información de este tipo por lo que se ha considerado una necesidad realizar el presente trabajo que puede quedar como base para estudios posteriores.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Tratamiento del agua

Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, dentro de las cuales se incluyen diversos procesos donde el agua puede pasar por tratamientos de filtración, coagulación, floculación o decantación. Uno de los métodos populares es a través de la filtración del agua con arena, en donde se eliminan las sustancias sin disolver. Por otro lado mediante la cloración se logra eliminar microorganismos peligrosos.

Existen técnicas más avanzadas de purificación del agua como la ósmosis inversa. También existe el método de desalinización, un proceso por el cual se retira la sal del agua de mar; sin embargo, es usado con más frecuencia en zonas costeras con clima árido debido al elevado gasto de energía eléctrica. (1)

1.1.1. Planta de tratamiento de EMAPAL EP- Zhindilig. La planta de tratamiento es del tipo convencional electromecánica y se halla localizada en la parcialidad de Zhindilig, con una capacidad de tratamiento de diseño de 40 l/s.

De manera general las unidades que conforman la planta son de: mezcla rápida, en donde se adiciona el coagulante (sulfato de aluminio), seguido de dos floculadores, dos sedimentadores con modulares y dos sistemas de filtración descendente. La desinfección se realiza mediante la aplicación de cloro gas. La cota de emplazamiento es la 2.810,00 m.s.n.m. La captación de Corazón Hurco, es la que alimenta a esta planta. (2)

1.1.2. *Proceso de potabilización en la planta de tratamiento de EMAPAL EP - Zhindilig*

1.1.2.1. Captación. La captación se efectúa en las quebrada denominada Corazón Hurco y en el manantial Bermejos, ubicada en la cota 2.830.40 m.s.n.m. y tiene un gasto de diseño de 60 l/s. Dicha captación abastece específicamente a la planta de tratamiento de Zhindilig. (2)



Figura 1. Captación Corazón Hurco
(Fuente: Cortesía EMAPAL - EP)

1.1.2.2. Coagulación. Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado.

El coagulante utilizado es el sulfato de aluminio, cuando se adiciona el coagulante al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son más eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen hidróxido de aluminio que es insoluble y forma los precipitados. (3)

1.1.2.3. Mezclado. Se denomina mezcla rápida a las condiciones de intensidad de agitación y tiempo de retención que debe reunir la masa de agua en el momento en que se dosifica el coagulante, con la finalidad de que las reacciones de coagulación se den en las condiciones óptimas correspondientes al mecanismo de coagulación predominante. (4)

En la eficacia de la coagulación influyen diversos factores entre los que destaca el pH y otras características físico-químicas del agua, así como una adecuada energía de agitación rápida para conseguir una apropiada dispersión del coagulante y proporcionar las necesarias colisiones entre las partículas para conseguir una óptima coagulación.

1.1.2.4. Floculación. Consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad.

Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Los flóculos formados por la aglomeración de varios coloides puede no sean lo suficientemente grandes como para sedimentar con rapidez deseada, por lo que el empleo de un floculante es necesario para reunir en forma de red, formando puentes de una superficie a otra enlazando las partículas individuales en aglomerados. (3)

Requiere un menor gradiente de agitación para impedir la rotura y disgregación de los flóculos ya formados. Los flóculos rotos son difíciles de retornar a su tamaño inicial.

La floculación se ve mejorada con el empleo de coadyuvantes de ésta, conocidos como polielectrolitos, estos suelen ser macromoléculas de polímeros orgánicos (tipo poliacrilamidas). (5)



Figura 2. Floculadores

(Fuente: Cortesía EMAPAL EP - Zhindilig.)

1.1.2.5. Sedimentación. La sedimentación se puede hacer después de una coagulación- floculación para aguas muy turbias, u omitirse por completo con aguas de turbidez moderada.

El agua que contiene materia particulada fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación, y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más grandes se asienten en el fondo antes que el agua clarificada salga del estanque por un vertedero en el extremo de salida. Las partículas que se han sedimentado en el fondo del tanque se extraen de forma manual o por medio de raspadores mecánicos para descargarse en una alcantarilla, devolverse a la fuente de agua si ello es permisible, o almacenarse para un posterior tratamiento. (5)

Se sedimentan partículas más pequeñas a medida que se incrementa el tiempo de retención utilizando tanques más grandes. La separación de partículas muy pequeñas por sedimentación simple seria poco práctica debido al alto costo de

construcción de un tanque de sedimentación del tamaño suficiente para permitir el tiempo de retención necesario.

El tiempo de retención típico es de 3 horas en tanques de 3 a 5 metros de profundidad. Las partículas demasiado pequeñas para sedimentarse en este tiempo, se deben eliminar por filtración o por otros métodos.

Los decantadores o sedimentadores es su tramo final poseen vertederos en los cuales se capta la capa superior del agua (que contiene menor turbiedad) por medio de estos vertederos el agua pasa a la zona de filtración.

La sedimentación puede ser simple o secundaria.

- **Sedimentación simple** se emplea para eliminar los sólidos más pesados sin necesidad de tratamiento especial mientras mayor sea el tiempo de reposo, mayor será el asentamiento y consecuentemente la turbiedad será menor haciendo el agua más transparente. El reposo prolongado natural también ayuda a mejorar la calidad del agua debido a la acción del aire y los rayos solares; mejor sabor y el olor, oxida el hierro y elimina algunas sustancias.
- **Sedimentación secundaria** se emplea para quitar aquellas partículas que no se depositan ni aun con reposo prolongado, y que es la causa principal de turbiedad. En este caso, se aplican métodos de coagulación con sustancias como el alumbre. (5)



Figura 3. Sedimentadores

(Fuente: Cortesía EMAPAL EP - Zhindilig.)

1.1.2.6. Filtración rápida. Es el proceso mediante el cual el agua es separada de la materia en suspensión haciéndola pasar a través de una sustancia porosa. De este modo, las partículas que no han sedimentado en el decantador son retenidas en los filtros. Los filtros rápidos de gravedad se utilizan en las plantas de tratamiento para la filtración de grandes volúmenes de agua previamente coagulada. Tienen forma rectangular y se lavan con agua tratada que se introduce de abajo hacia arriba (sistema que se denomina de retrolavado). Están conformados por una estructura de concreto en el fondo de la cual hay un sistema de canalización central y canales laterales cubiertos por varias capas y diámetros de grava que sostienen la capa de arena gruesa y la de arena preparada.

Para evitar atascamientos en esta etapa, es importante que la retención de las partículas se haga en el interior del lecho filtrante, y no en la superficie del lecho, por este motivo, será muy importante hacer una elección adecuada del tamaño del grano del lecho filtrante. Este material poroso es generalmente arena gruesa con un tamaño de 0.4 – 1.2 mm y el ritmo de filtración es elevado, generalmente entre 5 y 15 m³/m²/hora.

Una vez que el agua ha sido clarificada, pasa a la adsorción sobre carbón activo, que permitirá la disminución de la materia orgánica, color, olor y sabor presente, por separación, al quedar retenidas en la superficie del adsorbente. El carbón activo en forma granular se sitúa formando un lecho fijo en una columna de tratamiento, a través del cual pasa el agua.

Una de las principales razones de la aplicación del carbón activo es la decoloración o eliminación de cloro libre del agua. También se puede utilizar para controlar olor y sabor. (6)

1.1.2.7. Desinfección mediante cloro gaseoso. Está disponible en forma líquida a alta presión en cilindros de 45 kg hasta 1000 kg. El cloro gaseoso es muy venenoso y corrosivo. Debe almacenarse en un lugar bien ventilado. (7)

La cloración del agua potable se lleva a cabo mediante el burbujeo del cloro gaseoso o mediante la disolución de los compuestos de cloro y su posterior dosificación. El cloro en cualquiera de sus formas, se hidroliza al entrar en contacto con el agua, y forma ácido hipocloroso (HOCl) de la siguiente forma:

En el caso del cloro gaseoso, la reacción que tiene lugar es:



1.1.3. Potabilización en las plantas del PI y el FISE

1.1.3.1. Transporte del líquido a la planta de tratamiento. El líquido proveniente de las vertientes principalmente de la laguna de Saguín y de la quebrada Corazón Hurco, es transportado a través de tubería PVC hacia las captaciones y a los cajones de entrada ubicados en la planta de tratamiento.



Figura 4. Captación de la Laguna de Saguín
(Fuente: Las autoras)



Figura 5. Captación de la Quebrada de Corazón Hurco

(Fuente: Las autoras)



Figura 6. Transporte del agua mediante tubería PVC hacia los cajones de captación

(Fuente: Las autoras)



Figura 7. Llegada del agua al cajón de captación
(Fuente: Las autoras)



Figura 8. Llegada del agua a la planta de tratamiento
(Fuente: Las autoras)

1.1.3.2. Filtración Lenta. Estos filtros son utilizados para la remoción de concentraciones poco elevadas de color y turbidez sin ayuda de la coagulación. Por lo general, debido a la baja tasa de filtración, son relativamente grandes.

Están conformados por una estructura de concreto en el fondo de la cual existe un sistema de drenaje cubierto por piedras gruesa, fina y media; y sobre ésta hay arena cuarcífera. (15)



Figura 9. Caja de concreto
(Fuente: Las autoras)



Figura 10. Sistema de drenaje cubierto por piedras
(Fuente: Las autoras)



Figura 11. Arena Cuarcífera

(Fuente: Las autoras)

Las etapas que se llevan a cabo en el filtro lento son:

- **Operación del filtro lento**

Al iniciar el funcionamiento del filtro lento, la operación de llenado debe realizarse en forma ascendente, con el agua de otro filtro que se encuentra en funcionamiento. Después de llenar el filtro, se abre el ingreso y el desagüe.

Como el agua producida al inicio de la operación no es de buena calidad, se debe desechar hasta que se presente con la calidad deseada. (15)

- **Periodo de maduración del filtro lento**

A medida que el filtro funciona, la arena retiene el material más grueso en suspensión (algas, protozoarios, etc.) que forman sobre ésta una capa de lodo (capa biológica).

A medida que se forma esta capa gelatinosa, absorbe partículas menores (coloides, emulsiones, etc.) y mejora la calidad del agua. Solo cuando el agua está en buenas condiciones por el tratamiento, se cierra el desagüe y se abre el efluente para enviar el agua al proceso de cloración.

La operación de maduración puede durar de dos a tres semanas y de esta manera el filtro operador proporciona mayor eficiencia para obtener agua de buena calidad por un lapso de dos a tres meses.

Durante el proceso de filtración, la capa de lodo aumenta y ofrece mayor resistencia al paso del agua (pérdida de carga) y el filtro pierde caudal. Cuando la pérdida de carga alcanza de 0,90 a 1,50 m (límite común: 1,20 m) se debe lavar el filtro. (15)

- **Limpieza del filtro lento**

Cuando se alcanza el límite de pérdida de carga, se cierran las válvulas de entrada y se deja que el nivel de agua quede a una altura de dos centímetros de la arena, luego se cierra la válvula de salida y se procede a abrir el desagüe

La operación de limpieza debe efectuarse en el menor tiempo posible para que los microorganismos benéficos que constituyen la capa biológica no perezcan por efecto de los rayos del sol y por falta de nutrientes. Se retira una capa de uno a dos centímetros de arena con el lodo de toda la superficie filtrante.

Después de extraer la capa de arena de dos centímetros, se rastrilla el lecho para esponjar la superficie y se le pasa un emparejador. El filtro se llena por debajo.

En las instalaciones de las plantas de tratamiento se dispone de 4 unidades filtrantes. Mientras uno está en lavado y maduro, los otros están en funcionamiento. (15)

1.1.3.3. Desinfección. La cloración consiste en la adición de cloro al agua, en las dosis adecuadas para cumplir con la normativa vigente respecto a la calidad bacteriológica y a la concentración de desinfectante activo residual que debe estar presente en todo punto de la red de distribución de agua potable.

El tratamiento de desinfección, es siempre obligatorio para que el agua pueda ser distribuida al consumo. El método de desinfección que se aplica en las plantas de tratamiento tanto de PI como del FISE, es la cloración.

Para el proceso de desinfección se emplean equipos para cloración como es el CLORID que permite la producción de hipoclorito de sodio (NaOCl) en solución, a partir de la electrólisis de cloruro de sodio (sal común) en solución acuosa y la dosificación se realiza mediante una bomba que inyecta solución clorada en el agua en proceso. (15)



Figura 12. Tanque de Almacenamiento
(Fuente: Las autoras)



Figura 13. Tanque Dosificador
(Fuente: Las autoras)

1.1.3.4. Distribución. Una vez que el agua ha sido potabilizada sale de la planta de tratamiento y está lista para la distribución a las distintas comunidades

que se benefician de este servicio. El agua potable es transportada a través de un sistema de tuberías PVC.

1.2. Calidad del agua

La calidad del agua hace referencia a las características físicas, químicas y biológicas que presenta el agua, de manera tal, que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. El concepto de calidad del agua ha sido asociado al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. (9) (10)

Se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores, así como de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo, como el color, el sabor o turbiedad. La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. (11)

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. (9) (10)

1.2.1. Parámetros de calidad del agua. Tomando como referencia los análisis de agua que se realizan en la planta de manera rutinaria y según la NTE INEN 1108:2011, los parámetros físicos analizados que se determinan son: turbiedad, color, temperatura, sólidos, conductividad; para los parámetros químicos: pH, dureza, cloruros y cloro residual; y los parámetros microbiológicos: coliformes totales y coliformes fecales. (Anexo A)

1.2.1.1. *Parámetros Físicos de calidad del agua*

- ***Turbiedad***

La turbiedad es la expresión de la propiedad óptica o efecto óptico de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de una muestra de agua.

La turbiedad de una muestra de agua, es la reducción de su transparencia ocasionada por la presencia de materiales en suspensión, con un ámbito de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, entre otras arcillas, limos, materia orgánica e inorgánica finamente dividida, organismos planctónicos y microorganismos

La eliminación de la turbiedad, se lleva a cabo mediante procesos de coagulación, asentamiento y filtración. (12)

Los niveles elevados de turbiedad pueden proteger a los microorganismos contra los efectos de la desinfección, estimular el crecimiento de bacterias y ejercer una demanda significativa de cloro. Por lo tanto, en todos los procesos en los que se utiliza la desinfección, la turbiedad siempre debe ser baja, de preferencia por debajo de 1UNT, para conseguir una desinfección efectiva. El valor guía recomendado es de 5 UNT, pero es preferible que el nivel sea menor a 1 UNT cuando se utiliza la desinfección. La turbiedad por encima de 5 UNT puede ser perceptible y, en consecuencia, generar reparos por parte del consumidor. (9)

- ***Color***

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable. El color en el agua potable puede deberse a la presencia de materiales de origen vegetal tales como ácido húmicos, turba, plancton, y de ciertos metales como hierro, manganeso, cobre y cromo, disueltos o en suspensión. También pueden proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa. (9)

El color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente, debido a esto, su remoción puede lograrse con la ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el Al^{3+} o el Fe^{3+} .

La coloración de un agua puede clasificarse en color verdadero o real, que es el color que queda en el agua residual una vez eliminado los sólidos en suspensión, y color aparente que es el color producido por la materia suspendida y disuelta. Los colores real y aparente son casi idénticos en el agua clara y en aguas de escasa turbidez.

La coloración de un agua se compara con la de soluciones de referencia de platino-cobalto en tubos colorimétricos, o bien con discos de vidrio coloreados adecuadamente calibrados. (13)

Se recomienda que el agua potable sea incolora. El valor guía es de 15 unidades de color verdadero (UCV). (9)

- **Temperatura**

La temperatura puede variar por efectos climáticos naturales o por la introducción de desechos industriales.

La temperatura es importante porque actúa sobre procesos como la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, y por los cambios de viscosidad en los procesos de tratamiento, como desinfección por cloro, filtración, sedimentación y ablandamiento. (14)

- **Sólidos**

Sólidos son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o a su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior palatabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional. (15)

- **Conductividad**

La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar la corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones disueltos y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura. Un aumento de sales supone un aumento de conductividad.

El valor de la conductividad es muy usado en el análisis de aguas para obtener un estimado rápido del contenido de sólidos disueltos.

1.2.1.2. **Parámetros químicos de calidad del agua**

- **pH**

El pH es una forma de expresar la concentración de los iones Hidrógeno $[H^+]$ o más exactamente de su actividad. Se usa universalmente para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o alcalinas de una solución.

$$pH = -\log [H^+] \quad pH = \log 1/[H^+]$$

Concentraciones excesivas de H^+ afectan el agua en algunos de sus usos y por esta razón es una medida de polución en potencia.

El pH es el que controla el grado de disociación de muchas sustancias. No debe confundirse con la acidez o la alcalinidad.

El pH de la mayor parte de aguas naturales, se encuentra en un rango de 4 a 9. La mayoría de las aguas son ligeramente básicas por la presencia de carbonatos y bicarbonatos, la corrección del pH en los sistemas de tratamiento y distribución es importante para evitar la corrosión en los sistemas de distribución. [18]

- **Dureza**

La dureza del agua se entiende como una medida de su capacidad para precipitar el jabón. El jabón es precipitado preferentemente por los iones calcio y magnesio.

Otros cationes polivalentes también pueden hacerlo, pero estos suelen estar presentes en formas complejas, frecuentemente con componentes orgánicos, y su influencia en la dureza del agua puede ser mínima y difícil de determinar.

El calcio es el principal causante de la dureza del agua, seguido del magnesio, que se encuentra en las aguas naturales en una concentración de 5 a 20% sobre la concentración de calcio.

Tales elementos se encuentran en el agua como bicarbonatos y sulfatos y algunas veces como cloruros y nitratos. [15]

Se distingue tres tipos de dureza del agua como son Dureza Temporal que está determinada por el contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio que es equivalente a la alcalinidad total. Esta dureza se puede remover fácilmente con un simple proceso de ebullición. Se conoce como “Dureza de Carbonatos”. La Dureza Permanente es aquella que está determinada por todas las sales de calcio y magnesio, excepto carbonatos y bicarbonatos. Esta dureza no puede ser eliminada por ebullición del agua y se le conoce como “Dureza de no Carbonatos” y finalmente la Dureza Total que es la dureza de carbonato más la dureza de no carbonato si está presente en el agua. (19)

En la clasificación de las aguas por su dureza se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de las aguas por su dureza

| Dureza mg/l de CaCO_3 | Clasificación |
|---|----------------------|
| 0 - 75 | Agua Suave |
| 75 a 150 | Agua poco Dura |
| 150 a 300 | Agua Dura |
| >300 | Agua muy dura |
| Fuente: SIERRA, Jorge. Análisis de Aguas y Aguas Residuales, Universidad de Antioquia, Medellín 1987. | |

- **Cloruros**

El ion cloruro (Cl^-) es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua natural y residual. Los contenidos de cloruros de las aguas son variables y se deben principalmente a la naturaleza de los terrenos atravesados.

Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales de los sistemas de distribución, aunque variarán en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua. (9)

El análisis del contenido de cloruros en aguas de abastecimientos públicos, es un indicador de contaminación con aguas residuales ya que en las excretas humanas se eliminan cantidades casi iguales de cloruros a las ingeridas en la dieta, éstas cantidades no sufre alteración alguna en su trayecto por el sistema digestivo. (20)

- **Cloro Residual**

El cloro es el desinfectante de mayor uso, bajo costo, fácil comercialización, así como la facilidad con la que se puede usar, controlar y medir en el agua.

La acción desinfectante del cloro deriva de su alto poder oxidante en la estructura química celular de las bacterias, destruyendo los procesos bioquímicos normales de su desarrollo.

Las condiciones del medio que optimizan el resultado de esta desinfección son la concentración de cloro, pH, temperatura, y tiempo de contacto.

La característica principal del cloro para su uso como desinfectante es su presencia continua en el agua como cloro residual. La NTE INEN 1108:2011 establece que las aguas distribuidas para consumo humano deberán contener en todo momento cloro residual libre o combinado, o algún otro agente desinfectante.

Además, el cloro no solo actúa como desinfectante, sino que también reacciona con otros elementos presentes en el agua, como amoníaco, hierro, manganeso y otras sustancias productoras de olores y sabores, mejorando la calidad del agua.

La presencia excesiva de cloro en el agua, provoca con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor, dando un sabor muy fuerte y desagradable al agua. (21)

En el proceso de cloración se obtiene dos tipos de cloro residual que son el cloro residual libre y el cloro residual combinado.

El cloro residual libre es la cantidad de cloro que existe en el agua en forma de ácido hipocloroso o en forma de ion hipoclorito, y representa la concentración de cloro disponible para inactivar microorganismos causantes de enfermedades; mientras que el cloro residual combinado es el que se produce en la combinación con amonio, es decir, las cloraminas y que, por lo tanto, no representa propiamente una cantidad disponible para desinfección.

Es importante determinar diariamente la cantidad de cloro residual, ya que su medición indica la presencia de un remanente del desinfectante capaz de asegurar la inhibición o muerte de las bacterias patógenas y garantiza de este modo sus óptimas condiciones para el consumo. (18)

1.2.1.3. *Parámetros microbiológicos de calidad del agua*

- **Coliformes Totales**

Los organismos del grupo Coliforme son un buen indicador de la calidad del agua potable, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua. En general, se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de gas en cultivos a 35° ó 37°C durante 48 horas. Las bacterias coliformes no deberían ser detectadas en sistemas de tratamiento de abastecimiento de agua y, si así ocurriese, ello es indicio de que el tratamiento fue inadecuado o de que se produjo la contaminación posteriormente. En este sentido, la prueba de coliformes se usa como indicador de la eficiencia del tratamiento. El uso de la prueba de coliformes es esencial para vigilar la calidad microbiana del agua en los sistemas de abastecimiento público. Es preciso tener en cuenta que las bacterias coliformes no provienen solo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo. (15)

- **Coliformes Fecales (coliformes termorresistentes o termotolerantes)**

Estos son los organismos coliformes que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44.0° ó 44.5°C.

En el grupo de bacterias termotolerantes está incluida *Escherichia coli*, considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los coliformes en las heces.

Por esta razón, la contaminación de origen fecal puede ser evaluada mediante la determinación de coliformes termotolerantes o mediante la presencia de *E. coli* constituye una información suficiente como para estimar la naturaleza fecal de dicha contaminación. (22)

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo de estudio, diseño de la investigación y análisis estadístico

2.1.1. Tipo de investigación: Investigación analítica, prospectiva de corte longitudinal.

2.1.2. Planteamiento del diseño: No Experimental.

2.1.3. Análisis estadístico: Para el análisis estadístico de los datos obtenidos de las muestras analizadas se empleó la estadística descriptiva, para presentar los datos en tablas y figuras. Se aplicaron las medidas de centralización y dispersión. El programa empleado fue Microsoft Excel 2010.

La interpretación de cada uno de ellos es la siguiente:

2.1.3.1. Medidas de Centralización: Para cada parámetro analizado, el **promedio** indica el valor estimado durante el tiempo de análisis, es decir es la media aritmética de los datos obtenidos. La **moda** es el valor que se repitió con más frecuencia indicando la variación o no de los datos analizados (este valor se calculó para algunos parámetros físico-químicos y microbiológicos puesto que no todos los parámetros se mantuvieron constante o se repitieron en las muestras tomadas).

El **máximo** y el **mínimo** corresponden al mayor y al menor valor obtenido en las muestras analizadas. Esto permitió determinar qué tan dispersos están los datos.

2.1.3.2. Parámetros de Dispersión: Las medidas consideradas para este análisis fueron la desviación estándar y el coeficiente de variación.

La **desviación estándar** permitió conocer como varían los datos analizados tomando como referencia la media aritmética. Esto es, cuanto se alejan o se aproximan los valores medidos de cada parámetro respecto a su valor promedio. Por su parte, el **coeficiente de variación CV**, indica el porcentaje de variación de los datos uno respecto al otro; es decir, la dispersión existente entre los valores resultante de los análisis realizados. Un CV igual a 0% indica la ausencia de dispersión entre los datos, esto es, que todos los datos obtenidos son los mismos. Un CV cercano al 100% indica una fuerte variación de los datos.

2.2. Población de estudio

El estudio se llevó a cabo en la planta de tratamiento de agua EMAPAL-Uchupucún, ubicada en la ciudad de Azogues. (Anexo B)

Las muestras fueron tomadas de las siguientes ubicaciones:

1. Captaciones: provenientes de las vertientes de la laguna de Sagún y de la quebrada de Corazón Hurco.
2. Plantas de Tratamiento: EMAPAL – Zhindilig, Plan Internacional y FISE; tanto del agua de entrada como del agua de salida de la planta.
3. Redes de distribución domiciliaria correspondientes a cada comunidad.

2.3. Muestreo

El cálculo del tamaño de la muestra para éste estudio se realizó tomando como referencia la tabla de muestreo de la NTE INEN 1108:2011, en donde se indica que el número total de muestras por año está relacionada con el tamaño de la población servida, tal como se muestra en el Anexo A.

Se analizó un total de 87 muestras, obtenidas de manera aleatoria de las zonas de captación de las vertientes, las plantas de tratamiento y las redes domiciliarias, repartidas en 29 muestras por mes durante tres meses. La frecuencia del

muestreo fue de una vez por semana, durante la primera, segunda y tercera semana de los meses Mayo, Junio y Julio respectivamente.

Tabla 2. Cronograma de muestreo para el análisis

| | | | MAYO | JUNIO | JULIO |
|---------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------|------------|-------------|
| | | | 1ERA SEMANA | 2DA SEMANA | 3ERA SEMANA |
| | | | Número de muestras | | |
| CAPTACION DE LA VERTIENTE | LAGUNA DE SAGUIN | | 1 | 1 | 1 |
| | QUEBRADA DE CORAZÓN HURCO | | 1 | 1 | 1 |
| PLANTAS DE TRATAMIENTO | EMAPAL | Agua de entrada | 1 | 1 | 1 |
| | | Agua de salida | 1 | 1 | 1 |
| | FISE | Agua de entrada | 1 | 1 | 1 |
| | | Agua de salida | 1 | 1 | 1 |
| | PI | Agua de entrada | 1 | 1 | 1 |
| | | Agua de salida | 1 | 1 | 1 |
| RED DOMICILIARIA | EMAPAL | | 7 | 7 | 7 |
| | FISE | | 7 | 7 | 7 |
| | PI | | 7 | 7 | 7 |
| TOTAL DE MUESTRAS | | | 29 | 29 | 29 |

2.4. Toma de muestra

2.4.1. Agua proveniente de la captación de la vertiente. Las muestras fueron tomadas del cajón de captación de la vertiente atando al frasco un sobrepeso usando el extremo de un cordel limpio. De esta manera se procedió a tomar las muestras divididas en: 100ml de muestra en el frasco estéril para el análisis

microbiológico (V- M1) y 500ml de muestra en un frasco de polietileno para el análisis físico – químico (V - FQ1).

Cada muestra fue rotulada con fecha de recolección y hora.

2.4.2. Agua proveniente de la planta de tratamiento. Se realizó dos muestreos, el primero cuando el agua ingresa a la planta de tratamiento, donde se tomó 100ml de muestra en el frasco estéril para el análisis microbiológico y 500ml de muestra en un frasco de polietileno para el análisis físico – químico; y el segundo muestreo se realizó después del proceso de desinfección.

Cada muestra fue rotulada con fecha de recolección, hora y nombre de cada sistema de distribución de agua que provee a la comunidad.

2.4.3. Agua de las redes de distribución domiciliaria. Se realizó el muestreo de una manera aleatoria de los domicilios que se abastecen del agua proveniente de los diferentes sistemas de distribución. Se desinfectaron los puntos de descarga con alcohol para luego dejar fluir el agua durante 2 a 3 minutos, tiempo suficiente para permitir limpiar la línea de servicio. Luego se tomó 100ml de muestra en el frasco estéril para el análisis microbiológico y 500ml de muestra en un frasco de polietileno para el análisis físico – químico.

Cada muestra fue rotulada con fecha de recolección y hora.

2.5. Materiales

2.5.1. Materiales para campo

- Tubos de ensayo
- Frascos de plástico estériles 100ml
- Frascos de polietileno 500ml
- Caja térmica
- Cuerda
- Lápices de tinta indeleble
- Libreta

- Guantes
- Cámara fotográfica

2.5.2. *Materiales para laboratorio*

- Erlenmeyer
- Buretas
- Probeta
- Vasos de precipitación
- Bandeja Quanti-Tray

2.5.3. *Equipos*

- Estufa
- Autoclave
- Potenciómetro
- Turbidímetro
- Comparador de cloro residual
- Sellador Quanti- Tray/2000
- Lámpara ultravioleta

2.5.4. *Reactivos (Anexo C)*

- Dureza total
- Dureza cálcica
- Cloruros
- Cloro residual
- Kit Colilert para coliformes totales y fecales

2.6. Análisis físico-químico del agua

2.6.1. Análisis físico

2.6.1.1. Determinación de la turbiedad. Método Nefelométrico

- **Fundamento del método:** El método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por una muestra bajo condiciones definidas, con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión patrón de referencia bajo las mismas condiciones. La relación entre la intensidad de la luz dispersada y la turbiedad es directa. (23)



Figura 14. Turbidímetro Marca HACH, modelo 2100AN.

(Fuente: Cortesía EMAPAL-EP)

2.6.1.2. Determinación del color

- **Fundamento del método:** Se establece el valor correspondiente a la coloración de la muestra, por comparación visual con soluciones patrón de platino cobalto previamente preparado. (24)

2.6.2. Análisis químico

2.6.2.1. Determinación del pH

- **Fundamento del Método:** Es una determinación electrométrica del pH en una muestra de agua, utilizando un electrodo de vidrio que mide el cambio eléctrico producido por el cambio de pH. (16)



Figura 15. Potenciómetro Marca Orion Research, modelo 301.

(Fuente: Cortesía EMAPAL- EP)

2.6.2.2. Determinación de la dureza total por titulación con EDTA

- **Fundamento del Método:** El ácido etilendiaminotetraacético y su sal de sodio forman un esqueleto complejo soluble cuando se adiciona a una solución de ciertos cationes metálicos.

Si una pequeña cantidad de colorante, como el eriocromo negro T (NET), se adiciona a una solución acuosa que contiene iones calcio y magnesio a $\text{pH } 10,0 \pm 0,1$, la solución vira al rojo vino, si se agrega el EDTA como titulador se forman complejos de calcio y magnesio. Cuando todo el calcio y el magnesio hayan formado complejo, la solución virará al azul que es el punto final de la titulación. (19)

▪ **Cálculos:**

$$Dureza\ Total = 1000 \frac{V_2 \times f}{V_1} = mg/L\ CaCO_3$$

Dónde:

- **V₁:** Volumen de la muestra, en cm³
- **V₂:** Volumen de la solución de EDTA utilizada en la titulación, en cm³
- **f:** Factor de la solución de EDTA. (f=1)

2.6.2.3. Determinación de dureza cálcica método EDTA

▪ **Fundamento del método:** Cuando el EDTA (ácido etilen diamino tetraacético o sus sales) se añaden al agua que contiene calcio y magnesio, éste se combina primeramente con el calcio.

El calcio puede determinarse directamente, usando EDTA, cuando el pH es suficientemente alto para que el magnesio precipite como hidróxido, para que la reacción sea perceptible utilizamos el indicador adecuado como la murexida, el cambio de color se hace visible cuando todo el calcio pasa a formar un complejo con el EDTA a un pH de 12-13. (25)

▪ **Cálculos:**

$$Dureza\ Calcica = \frac{V \times N\ (EDTA) \times meqCaCO_3 \times 1000 \times 1000}{M} = ppm\ CaCO_3$$

Dónde:

- **V:** Volumen de EDTA consumida en la muestra
- **N:** Normalidad de EDTA 0,02N
- **M:** Volumen de muestra empleado en la determinación

El valor de la dureza magnésica se obtiene de la diferencia entre la dureza total y la dureza cálcica: (25)

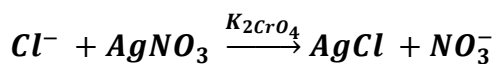
$$Dureza\ Magnésica\ (mg/L\ CaCO_3) = Dureza\ total - Dureza\ Cálcica$$

2.6.2.4. *Determinación de cloruros. Método Argentométrico*

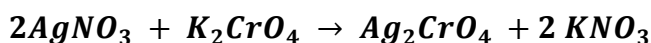
- **Fundamento del método:** La valoración de iones cloruro con solución valorada de nitrato de plata. El indicador es el ion cromato, que ponen en manifiesto el punto final a la formación de cromato de plata de color rojo ladrillo. (26)

Para analizar los cloruros, la muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se titula con nitrato de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4).

Lo que se pretende es que reaccionen en primer lugar los cloruros dando un precipitado blanco de AgCl y que al consumirse éstos, el primer exceso de ión plata reaccione con el indicador K_2CrO_4 formando un precipitado rojo ladrillo de Ag_2CrO_4 , indicativo del final de la titulación.



(Precipitado blanco)



Rojo ladrillo

El pH óptimo para llevar a cabo el análisis de cloruros es de 7 a 8, ya que cuando tenemos valores de pH mayores a 8, el ion Ag^+ precipita en forma de $\text{Ag}(\text{OH})$; cuando la muestra tiene un pH menor que 7, el cromato de potasio se oxida a dicromato, afectando el viraje del indicador.

- **Cálculos:**

$$\text{Cl}^-(\text{mg/L}) = \frac{(V - B)Nx 35.460}{V_1}$$

Dónde:

- **V:** Volumen de AgNO_3 consumido en la muestra
- **B:** Volumen de AgNO_3 consumida en el blanco
- **N** Normalidad de AgNO_3 0,014N
- **V₁:** Volumen de muestra empleado en la determinación. (26)

2.6.2.5. Determinación de cloro residual. Método colorimétrico con ortotolidina

- **Fundamento del método:** La ortotolidina reacciona con el cloro libre para producir un complejo de color amarillo canario cuya intensidad es directamente proporcional a la concentración de cloro libre o residual. (27)

2.7. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AGUA**2.7.1. Método de Colilert para la determinación de coliformes totales y coliformes fecales**

- **Fundamento del método:** El Método Colilert detecta simultáneamente Coliformes Totales y E. Coli en el agua, se basa en la tecnología de sustratos definidos (DST), cuando los coliformes totales metabolizan el indicador MUG de nutrientes de Colilert, la muestra toma una coloración amarilla. Cuando E. coli metaboliza el indicador MUG de nutrientes de Colilert, la muestra fluoresce. (Anexo D)

Colilert puede detectar simultáneamente estas bacterias a una concentración de 1 NMP/100 mL dentro de las 24 horas, hasta la presencia de 2 millones de bacterias heterotróficas por cada 100 mL.



Figura 16. Sellador Quanti – Tray Sealer Modelo 2X.
(Fuente: Cortesía EMAPAL-EP).



Figura 17. Pocillos Negativos
(Fuente: Las autoras)



Figura 18. Pocillos Positivos
(Fuente: Las autoras)

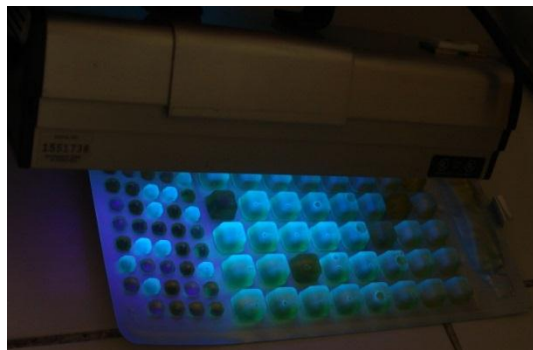
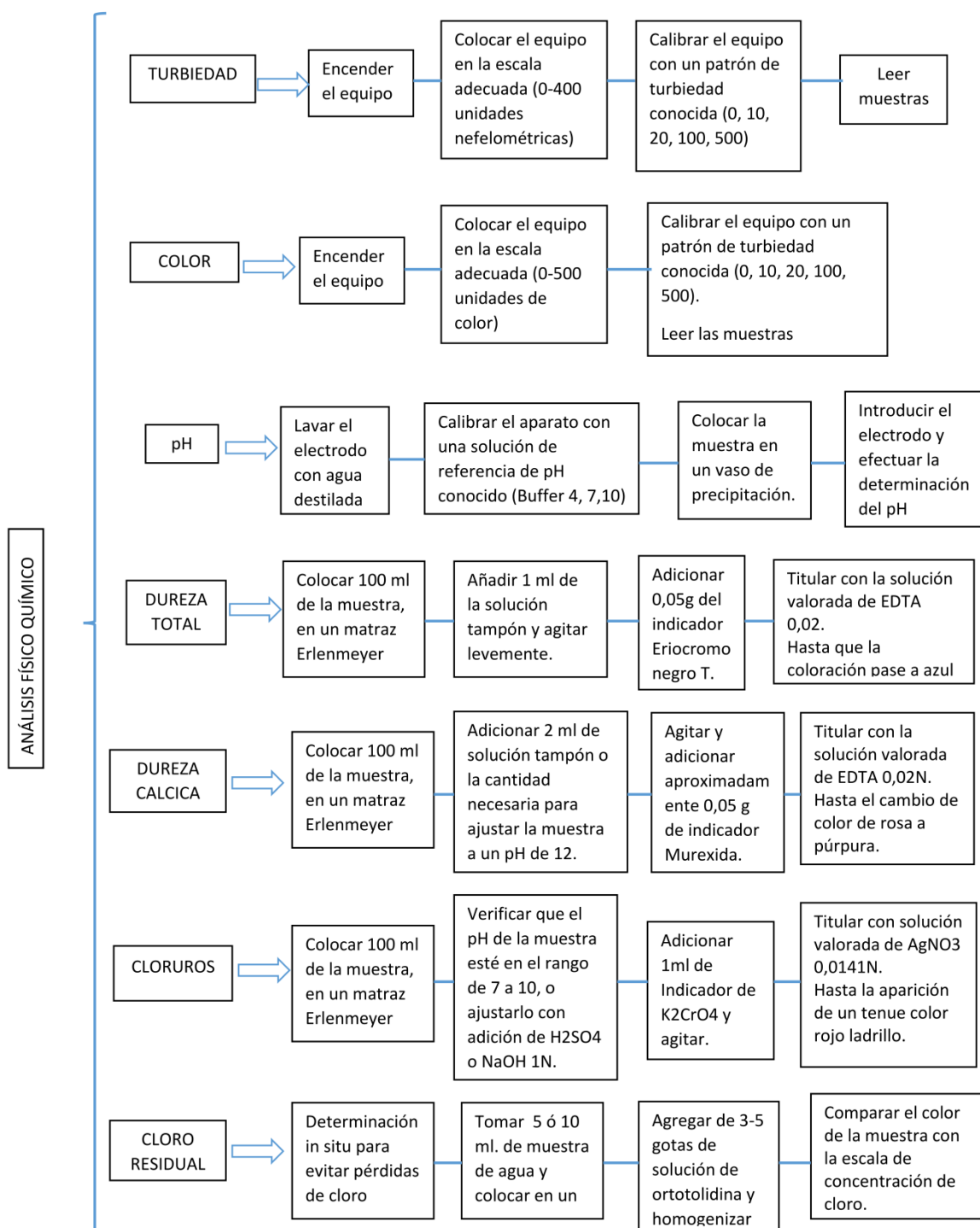


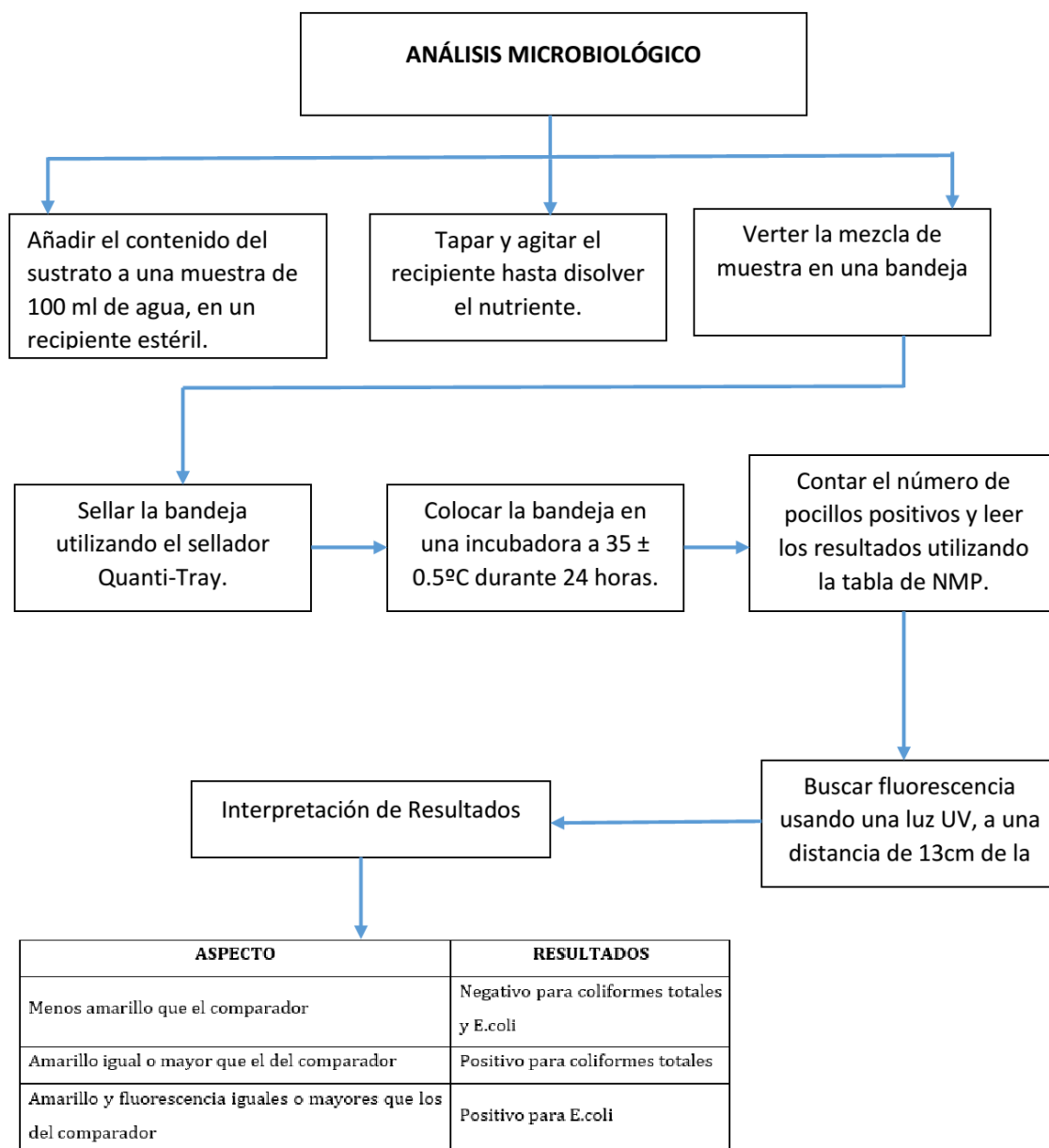
Figura 19. Pocillos Positivos luz UV
(Fuente: Las autoras)

2.8. Flujograma integrado de trabajo

2.8.1. Flujograma del Análisis Físico-Químico:



2.8.2. Flujograma del Análisis Microbiológico:



CAPITULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis físico-químico

3.1.1. Resultados estadísticos del control físico- químico de las vertientes. A partir de los resultados del análisis físico – químico de las vertientes (Anexo E) se calcularon los parámetros estadísticos de cada indicador del análisis físico-químico realizado en cada una de las vertientes de agua cruda. Las tablas 3 y 4 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la vertiente de Corazón Hurco.

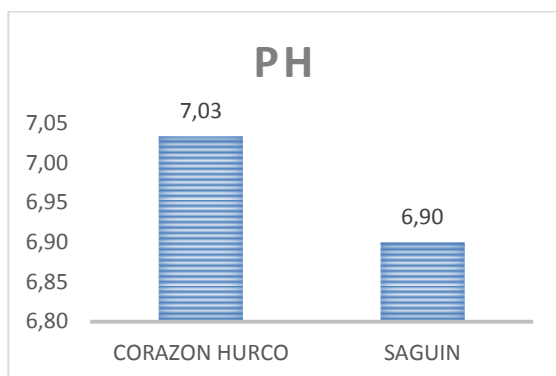
| Parámetros estadísticos | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 7.03 | 49.33 | 20.81 | 171.77 | 85.97 | 0.0087 | 1.73 | 1.50 |
| Min: | 6.80 | 21.00 | 8.82 | 121.80 | 60.70 | 0.0079 | 1.50 | 1.30 |
| Máx: | 7.30 | 73.00 | 31.00 | 239.30 | 120.00 | 0.0094 | 2.10 | 1.80 |
| Desviación Estándar: | 0.25 | 26.31 | 11.20 | 60.69 | 30.61 | 0.0008 | 0.32 | 0.26 |
| CV% | 3.58 | 53.34 | 53.82 | 35.33 | 35.60 | 8.75 | 18.55 | 17.64 |

Tabla 4. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la vertiente de Saguín.

| Parámetros estadísticos | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 6.90 | 28.00 | 11.76 | 129.67 | 64.70 | 0.0086 | 1.67 | 1.47 |
| Min: | 6.80 | 22.00 | 9.24 | 123.80 | 61.70 | 0.0079 | 1.50 | 1.30 |
| Máx: | 7.00 | 36.00 | 15.12 | 137.60 | 68.60 | 0.0094 | 1.90 | 1.60 |
| Desviación Estándar: | 0.10 | 7.21 | 3.03 | 7.13 | 3.54 | 0.0008 | 0.21 | 0.15 |
| CV% | 1.45 | 25.75 | 25.75 | 5.50 | 5.47 | 8.9155 | 12.49 | 10.41 |

3.1.1.1. Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las vertientes. A partir de las tablas 3 y 4, se realizó la comparación de los parámetros físico-químicos entre las dos vertientes de agua cruda para las redes de distribución.

- pH:**

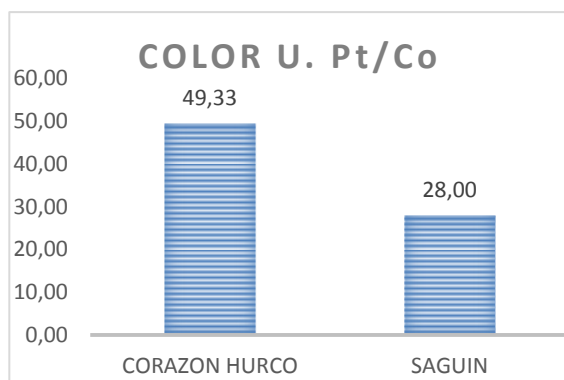


| VERTIENTE: | CORAZON HURCO | SAGUIN |
|-----------------------------|---------------|--------|
| Promedio: | 7.03 | 6.90 |
| Min: | 6.80 | 6.80 |
| Máx: | 7.30 | 7.00 |
| Desviación Estándar: | 0.25 | 0.10 |
| CV%: | 3.58 | 1.45 |

Gráfica 1. Comparación de pH entre las vertientes

La desviación máxima respecto al valor promedio de las muestras realizadas es de 0.25 en la vertiente de Corazón Hurco. Esto se ve reflejado por un coeficiente de variación de 3.58%. Es decir, la dispersión de los datos obtenidos del pH uno respecto a otro en las muestras tomadas en las vertientes varía en un rango de 0.0358. El valor de pH de las vertientes puede ser por el bajo contenido de minerales disueltos.

- Color:**

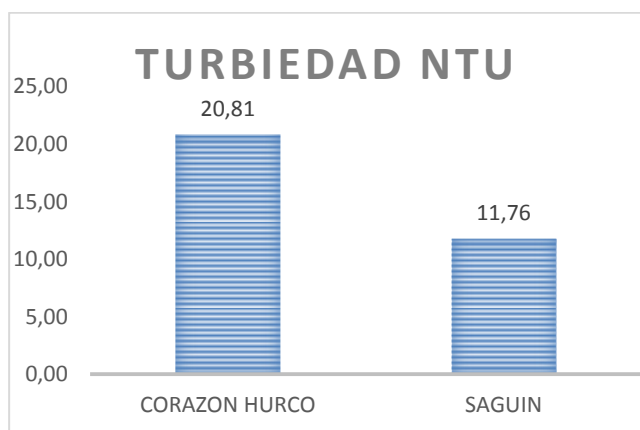


| | Color U. Pt/Co | |
|-----------------------------|----------------|--------|
| VERTIENTE: | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 49.33 | 28.00 |
| Min: | 21.00 | 22.00 |
| Máx: | 73.00 | 36.00 |
| Desviación Estándar: | 26.31 | 7.21 |
| CV%: | 53.34 | 25.75 |

Gráfica 2. Comparación de color entre las vertientes

La vertiente de la quebrada de Corazón Hurco presenta una desviación máxima con respecto al promedio de 26.31, con un coeficiente de variación de 53.34%. La quebrada de Corazón Hurco presenta un promedio de color superior al de la vertiente de Saguin. El incremento de la coloración de el agua de la quebrada de Corazón Hurco podría deberse a la época de transición seca a lluviosa, a las características del suelo de las áreas aledañas (suelo erosionado y arcilloso) por lo que facilita el arrastre de sedimentos.

- **Turbiedad:**

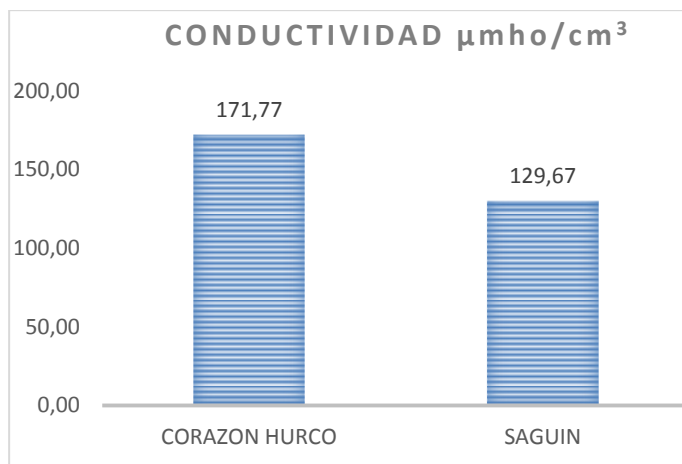


| VERTIENTE: | Turbiedad NTU | |
|----------------------|---------------|--------|
| | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 20.81 | 11.76 |
| Min: | 8.82 | 9.24 |
| Máx: | 31.00 | 15.12 |
| Desviación Estándar: | 11.20 | 3.03 |
| CV%: | 53.82 | 25.75 |

Gráfica 3. Comparación de turbiedad entre las vertientes.

Se puede apreciar en la gráfica 3 el valor promedio de turbiedad en el caso de la vertiente de la quebrada de Corazón Hurco es superior a la vertiente de Saguin, presentando una desviación máxima respecto al promedio de 11.20 la misma que se ve reflejada con un coeficiente de variación de 53.82%. Como en el caso del parámetro de color, el incremento de la turbiedad podría deberse a la época de transición seca a lluviosa, a las características del suelo de las áreas aledañas (suelo erosionado y arcilloso) por lo que facilita el arrastre de sedimentos.

- Conductividad:

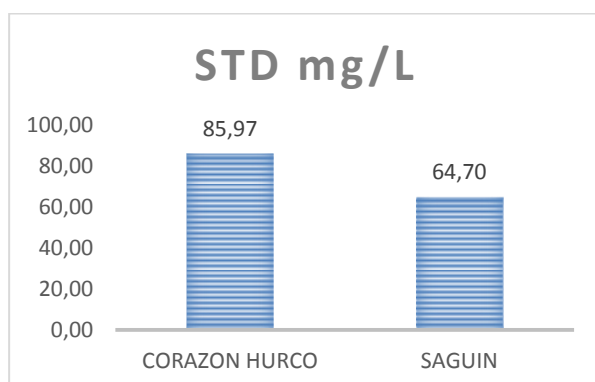


| VERTIENTE: | Conductividad $\mu\text{mho}/\text{cm}^3$ | |
|----------------------|---|--------|
| | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 171.77 | 129.67 |
| Min: | 121.80 | 123.80 |
| Máx: | 239.30 | 137.60 |
| Desviación Estándar: | 60.69 | 7.13 |
| CV%: | 35.33 | 5.50 |

Gráfica 4. Comparación de conductividad entre las vertientes.

Como en el caso anterior la vertiente de la quebrada de Corazón Hurco presenta un valor promedio de conductividad mayor que la vertiente de Saguin. La desviación máxima respecto al valor promedio de las muestras tomadas es de 60.69 en la vertiente de la quebrada de Corazón Hurco. Esto puede deberse a que la conductividad está relacionada con las sales disueltas en el agua; a medida que la cantidad de sólidos disueltos aumenta, la conductividad de el agua aumenta de manera proporcional.

- Sólidos Totales Disueltos:

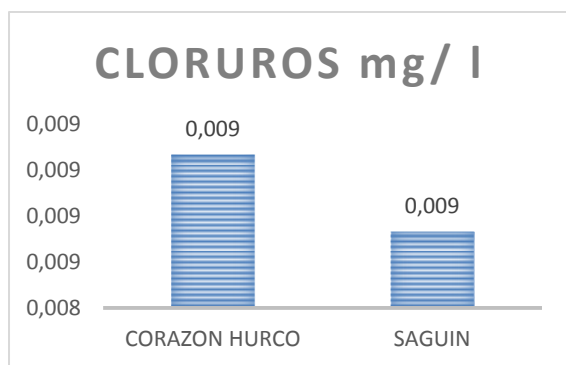


| VERTIENTE : | STD mg/L | |
|----------------------|---------------|--------|
| | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 85.97 | 64.70 |
| Min: | 60.70 | 61.70 |
| Máx: | 120.00 | 68.60 |
| Desviación Estándar: | 30.61 | 3.54 |
| CV%: | 35.60 | 5.47 |

Gráfica 5. Comparación de sólidos totales entre las vertientes.

Como se muestra en la gráfica 5, los valores promedio de sólidos totales son mayores en el caso de la vertiente de Corazón Hurco. La desviación máxima respecto al valor promedio de las muestras realizadas es de 30.61 en la vertiente de la quebrada de Corazón Hurco. Esto se ve reflejado por un coeficiente de variación de 35.60%. Estos valores de las dos vertientes varían dependiendo de la zona en las que se encuentran ubicadas y de la solubilidad de los diferentes minerales.

- **Cloruros:**

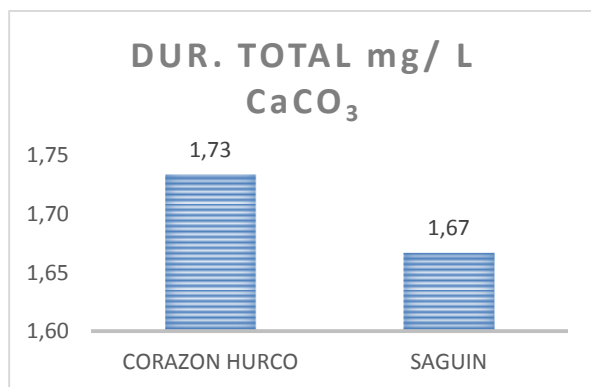


| | Cloruros mg/ l | |
|----------------------|----------------|--------|
| VERTIENTE: | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 0.009 | 0.009 |
| Min: | 0.008 | 0.008 |
| Máx: | 0.009 | 0.009 |
| Desviación Estándar: | 0.001 | 0.001 |
| CV%: | 8.745 | 8.916 |

Gráfica 6. Comparación de cloruros entre las vertientes.

Como se puede observar en la gráfica los valores promedio de cloruros son mínimos tanto para el caso de la vertiente de Corazón Hurco como para la vertiente de Saguin. La presencia de cloruros puede deberse a que este ion ingresa al agua en forma natural mediante las aguas lluvias.

- **Dureza Total:**

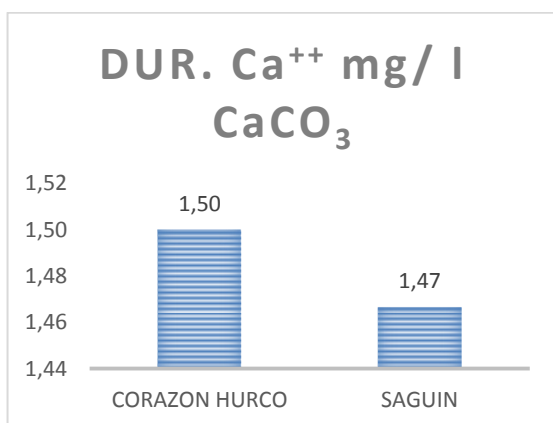


| | Dur. Total mg/ l CaCO ₃ | |
|----------------------|------------------------------------|--------|
| VERTIENTE: | CORAZON HURCO | SAGUIN |
| Promedio: | 1,73 | 1,67 |
| Min: | 1,50 | 1,50 |
| Máx: | 2,10 | 1,90 |
| Desviación Estándar: | 0,32 | 0,21 |
| CV%: | 18,55 | 12,49 |

Gráfica 7. Comparación de dureza total entre las vertientes.

En la gráfica 7 se puede apreciar que la vertiente de Corazón Hurco presenta un valor de dureza total mayor a la vertiente de Saguin. La desviación estándar con respecto al promedio es mayor en el caso de la quebrada de Corazón Hurco es 0.32. El promedio de dureza total que presentan las dos vertientes las clasifica como agua suave.

- **Dureza Cálctica:**



| | Dur. Ca ⁺⁺ mg/ l CaCO ₃ | |
|----------------------|---|--------|
| VERTIENTE | CORAZON URCO | SAGUIN |
| Promedio: | 1.50 | 1.47 |
| Min: | 1.30 | 1.30 |
| Máx: | 1.80 | 1.60 |
| Desviación Estándar: | 0.26 | 0.15 |
| CV% | 17.64 | 10.41 |

Gráfica 8. Comparación de dureza cálcica entre las vertientes.

De igual manera que la dureza total, la vertiente de Corazón Hurco presenta un valor mayor de dureza cálcica. La desviación máxima respecto al valor promedio de las muestras analizadas es de 0.26 en la vertiente de Corazón Hurco. Esto se ve reflejado por un coeficiente de variación de 17.64%.

3.1.2. Resultados estadísticos del control físico- químico de las plantas de tratamiento. A partir de los resultados del análisis físico- químico de las plantas de tratamiento (Anexo F) se calcularon los parámetros estadísticos de cada indicador del análisis físico-químico realizado en cada una de las plantas de tratamiento. Se analizaron por separado el agua de ingreso y el agua de salida. Las tablas 6 a 11 muestran los resultados obtenidos del análisis estadístico.

3.1.2.1. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos del agua de ingreso:

Tabla 5. Resultados estadísticos de el agua de ingreso de la planta de Zhindilig- Emapal.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloro residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|----------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 11.43 | 7.67 | 50.38 | 21.17 | 140.93 | 70.60 | 0.00 | 0.0029 | 1.40 | 0.83 |
| Moda: | - | - | - | - | - | - | 0.00 | - | 1.30 | 0.80 |
| Min: | 10.80 | 7.40 | 26.00 | 10.90 | 136.10 | 68.00 | 0.00 | 0.0024 | 1.30 | 0.80 |
| Máx: | 11.90 | 7.90 | 72.15 | 30.30 | 144.70 | 72.80 | 0.00 | 0.0034 | 1.60 | 0.90 |
| Desviación Estándar: | 0.57 | 0.25 | 23.19 | 9.75 | 4.40 | 2.42 | 0.00 | 0.0005 | 0.17 | 0.06 |
| CV% | 4.97 | 3.28 | 46.02 | 46.06 | 3.12 | 3.43 | - | 17.2414 | 12.37 | 6.93 |

Tabla 6. Resultados estadísticos de el agua de ingreso de la planta de PI.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cl residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|-------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 14.10 | 7.47 | 14.67 | 6.13 | 136.70 | 68.37 | 0.00 | 0.0044 | 1.50 | 0.83 |
| Moda: | - | 7.70 | - | - | - | - | 0.00 | 0.0039 | 1.50 | 0.80 |
| Min: | 12.60 | 7.00 | 13.00 | 5.46 | 134.90 | 67.50 | 0.00 | 0.0039 | 1.50 | 0.80 |
| Máx: | 15.50 | 7.70 | 17.00 | 7.14 | 138.70 | 69.30 | 0.00 | 0.0054 | 1.50 | 0.90 |
| Desviación Estándar: | 1.45 | 0.40 | 2.08 | 0.89 | 1.91 | 0.90 | 0.00 | 0.0009 | 0.00 | 0.06 |
| CV% | 10.30 | 5.41 | 14.19 | 14.48 | 1.40 | 1.32 | - | 19.6824 | 0.00 | 6.93 |

Tabla 7. Resultados estadísticos de el agua de ingreso de la planta de FISE.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cl residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|-------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 15.60 | 7.33 | 22.00 | 9.21 | 142.50 | 71.20 | 0.00 | 0.0062 | 1.83 | 1.40 |
| Moda: | - | 7.00 | - | - | - | - | 0.00 | - | 1.90 | - |
| Min: | 15.30 | 7.00 | 11.00 | 4.62 | 125.20 | 62.60 | 0.00 | 0.0044 | 1.70 | 1.10 |
| Máx: | 15.80 | 8.00 | 29.00 | 12.10 | 152.80 | 76.30 | 0.00 | 0.0079 | 1.90 | 1.60 |
| Desviación Estándar: | 0.26 | 0.58 | 9.64 | 4.02 | 15.07 | 7.49 | 0.00 | 0.0018 | 0.12 | 0.26 |
| CV% | 1.70 | 7.87 | 43.83 | 43.63 | 10.58 | 10.52 | - | 28.1702 | 6.30 | 18.90 |

3.1.2.2. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos del agua de salida:

Tabla 8. Resultados estadísticos de el agua de salida de la planta de Zhindilig- Emapal.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloro residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|----------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 11.37 | 7.00 | 0.00 | 0.37 | 147.00 | 73.63 | 0.90 | 0.0074 | 1.20 | 0.73 |
| Moda: | - | - | 0.00 | - | - | - | 0.90 | - | - | 0.70 |
| Min: | 11.00 | 6.80 | 0.00 | 0.34 | 142.50 | 71.30 | 0.90 | 0.0069 | 1.10 | 0.70 |
| Máx: | 11.60 | 7.20 | 0.00 | 0.42 | 152.30 | 76.20 | 0.90 | 0.0079 | 1.30 | 0.80 |
| Desviación Estándar: | 0.32 | 0.20 | 0.00 | 0.04 | 4.95 | 2.46 | 0.00 | 0.0005 | 0.10 | 0.06 |
| CV% | 2.83 | 2.86 | - | 11.15 | 3.37 | 3.34 | 0.00 | 6.7568 | 8.33 | 7.87 |

Tabla 9. Resultados estadísticos de el agua de salida de la planta de PI.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cl residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|-------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 13.67 | 7.37 | 6.00 | 2.52 | 144.37 | 72.07 | 0.60 | 0.0081 | 1.23 | 0.60 |
| Moda: | - | - | - | - | - | - | 0.60 | - | - | - |
| Min: | 12.00 | 6.80 | 4.00 | 1.68 | 141.50 | 70.80 | 0.60 | 0.0064 | 1.10 | 0.50 |
| Máx: | 14.80 | 7.70 | 8.00 | 3.36 | 147.80 | 73.90 | 0.60 | 0.0094 | 1.40 | 0.70 |
| Desviación Estándar: | 1.47 | 0.49 | 2.00 | 0.84 | 3.19 | 1.63 | 0.00 | 0.0015 | 0.15 | 0.10 |
| CV% | 10.79 | 6.70 | 33.33 | 33.33 | 2.21 | 2.26 | 0.00 | 18.9363 | 12.39 | 16.67 |

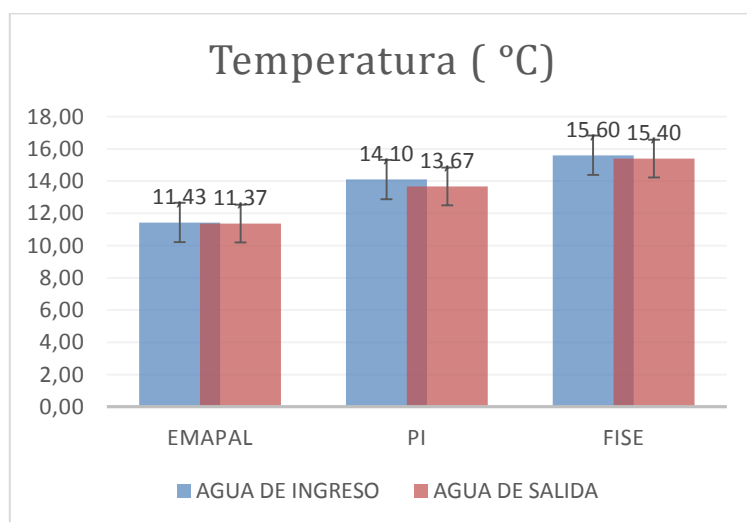
Tabla 10. Resultados estadísticos de el agua de salida de la planta de FISE.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cl residual mg/ L | Cloruros mg/ L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|-------------------|----------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 15.40 | 7.00 | 15.00 | 6.28 | 149.43 | 74.67 | 0.23 | 0.0041 | 1.60 | 1.10 |
| Moda: | - | 7.00 | - | - | - | - | 0.10 | - | - | 1.30 |
| Min: | 15.00 | 7.00 | 4.00 | 1.68 | 132.30 | 66.10 | 0.10 | 0.0024 | 1.50 | 0.70 |
| Máx: | 15.70 | 7.00 | 23.00 | 9.60 | 159.70 | 79.70 | 0.50 | 0.0069 | 1.70 | 1.30 |
| Desviación Estándar: | 0.36 | 0.00 | 9.85 | 4.11 | 14.93 | 7.46 | 0.23 | 0.0024 | 0.10 | 0.35 |
| CV% | 2.34 | 0.00 | 65.66 | 65.48 | 9.99 | 9.99 | 98.97 | 59.6977 | 6.25 | 31.49 |

3.1.2.3. Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las plantas de tratamiento: agua de ingreso y agua de salida. Tomando como referencias las tablas anteriores (tablas 5 a 10), se realizó la comparación de los parámetros físico-químicos entre las plantas de tratamiento, tanto para el agua de ingreso como para el agua de salida. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Temperatura:**

| T (°C) | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 11.43 | 14.10 | 15.60 | 11.37 | 13.67 | 15.40 |
| Moda: | - | - | - | - | - | - |
| Min: | 10.80 | 12.60 | 15.30 | 11.00 | 12.00 | 15.00 |
| Máx: | 11.90 | 15.50 | 15.80 | 11.60 | 14.80 | 15.70 |
| Desviación Estándar: | 0.57 | 1.45 | 0.26 | 0.32 | 1.47 | 0.36 |
| CV% | 4.97 | 10.30 | 1.70 | 2.83 | 10.79 | 2.34 |
| INEN 1108:11 | Sin referencia | | | Sin referencia | | |

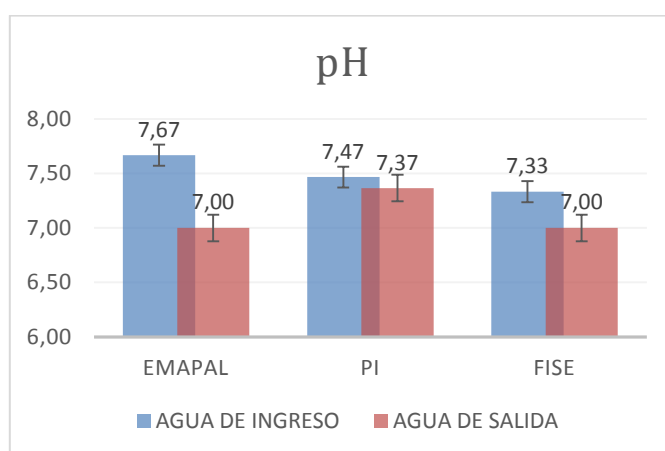


Gráfica 9. Comparación de temperatura entre las plantas de tratamiento.

Como se aprecia en la gráfica 8, el agua de ingreso como de salida de la planta de EMAPAL presenta menor temperatura que el resto de las plantas, seguida de PI y FISE. Sin embargo, se considera que estas temperaturas están dentro de los valores aceptables tomando como referencia la temperatura ambiente de 20°C, puesto que, una mayor temperatura incrementaría el desarrollo microbiano.

- pH:

| pH | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|------|------|----------------|------|------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 7.67 | 7.47 | 7.33 | 7.00 | 7.37 | 7.00 |
| Moda: | - | 7.70 | 7.00 | - | - | 7.00 |
| Min: | 7.40 | 7.00 | 7.00 | 6.80 | 6.80 | 7.00 |
| Máx: | 7.90 | 7.70 | 8.00 | 7.20 | 7.70 | 7.00 |
| Desviación Estándar: | 0.25 | 0.40 | 0.58 | 0.20 | 0.49 | 0.00 |
| CV% | 3.28 | 5.41 | 7.87 | 2.86 | 6.70 | 0.00 |
| INEN 1108:11 | 6.5 - 8.5 | | | 6.5 - 8.5 | | |

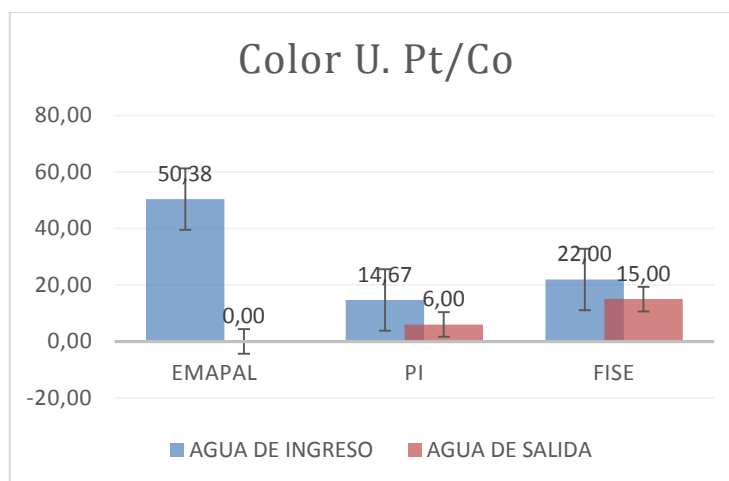


Gráfica 10. Comparación de pH entre las plantas de tratamiento.

Los valores de pH del agua de salida respecto al agua de ingreso disminuye el 8.7% en la red de distribución de EMAPAL, mientras que en las redes de PI y FISE disminuyen el 1.34% y el 4.5%, respectivamente. La disminución del pH en el agua de salida puede deberse al tratamiento al que ha sido sometido en las plantas. Los valores promedio de pH obtenidos del agua de salida cumplen con el requisito establecido en la NTE INEN 1108:11.

- **Color:**

| COLOR U. Pt/Co | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 50.38 | 14.67 | 22.00 | 0.00 | 6.00 | 15.00 |
| Min: | 26.00 | 13.00 | 11.00 | 0.00 | 4.00 | 4.00 |
| Máx: | 72.15 | 17.00 | 29.00 | 0.00 | 8.00 | 23.00 |
| Desviación Estándar: | 23.19 | 2.08 | 9.64 | 0.00 | 2.00 | 9.85 |
| CV% | 46.02 | 14.19 | 43.83 | 0.00 | 33.33 | 65.66 |
| INEN 1108:11 | 15 | | | 15 | | |

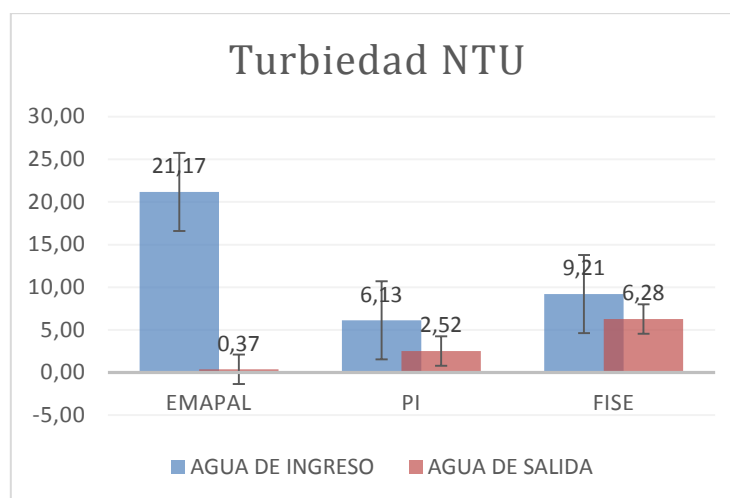


Gráfica 11. Comparación de color entre las plantas de tratamiento.

La gráfica 10, muestra claramente que los valores del color de el agua de ingreso están por encima de la referencia dada en NTE INEN 1108:11 que es de 15 U.Pt/Co. Esto era de esperarse puesto que dicha agua no ha sido sometida a ningún tratamiento. Por otro lado, los promedios de los valores del color de el agua de salida varían de una planta a otra. EMAPAL es la planta que mejor tratamiento realiza al agua cruda puesto que presenta un valor de 0 U. Pt/Co. FISE por su parte está en el límite del valor de referencia (5 – 15 U. Pt/Co); mientras que, PI cumple con este valor.

- **Turbiedad:**

| TURBIEDAD NTU | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 21.17 | 6.13 | 9.21 | 0.37 | 2.52 | 6.28 |
| Min: | 10.90 | 5.46 | 4.62 | 0.34 | 1.68 | 1.68 |
| Máx: | 30.30 | 7.14 | 12.10 | 0.42 | 3.36 | 9.60 |
| Desviación Estándar: | 9.75 | 0.89 | 4.02 | 0.04 | 0.84 | 4.11 |
| CV% | 46.06 | 14.48 | 43.63 | 11.15 | 33.33 | 65.48 |
| INEN 1108:11 | 5 | | | 5 | | |

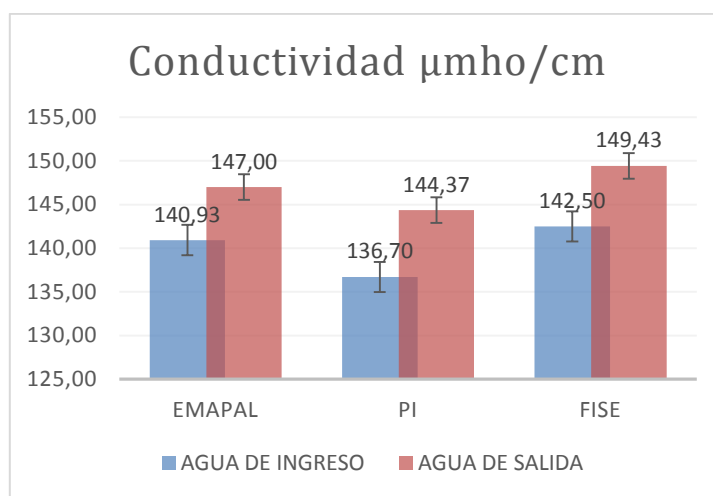


Gráfica 12. Comparación de turbiedad entre las plantas de tratamiento.

De igual manera que el caso anterior, el agua de ingreso de las tres plantas de tratamiento presenta valores elevados de turbiedad debido a que esta agua no ha sido sometida a ningún tratamiento. Con respecto al agua de salida, tanto la de EMAPAL como la de PI cumplen con los valores de referencia establecidos en la NTE INEN 1108:11, en cambio la de FISE presenta un valor de 6,28 NTU incumpliendo de esta manera con la referencia establecida de 5 NTU. Esto puede ser debido a que no hay un correcto proceso de filtración en ésta planta de tratamiento.

- Conductividad:

| CONDUCTIVIDAD $\mu\text{mho/cm}$ | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|----------------------------------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 140.93 | 136.70 | 142.50 | 147.00 | 144.37 | 149.43 |
| Min: | 136.10 | 134.90 | 125.20 | 142.50 | 141.50 | 132.30 |
| Máx: | 144.70 | 138.70 | 152.80 | 152.30 | 147.80 | 159.70 |
| Desviación Estándar: | 4.40 | 1.91 | 15.07 | 4.95 | 3.19 | 14.93 |
| CV% | 3.12 | 1.40 | 10.58 | 3.37 | 2.21 | 9.99 |
| INEN 1108:11 | 1500 | | | 1500 | | |

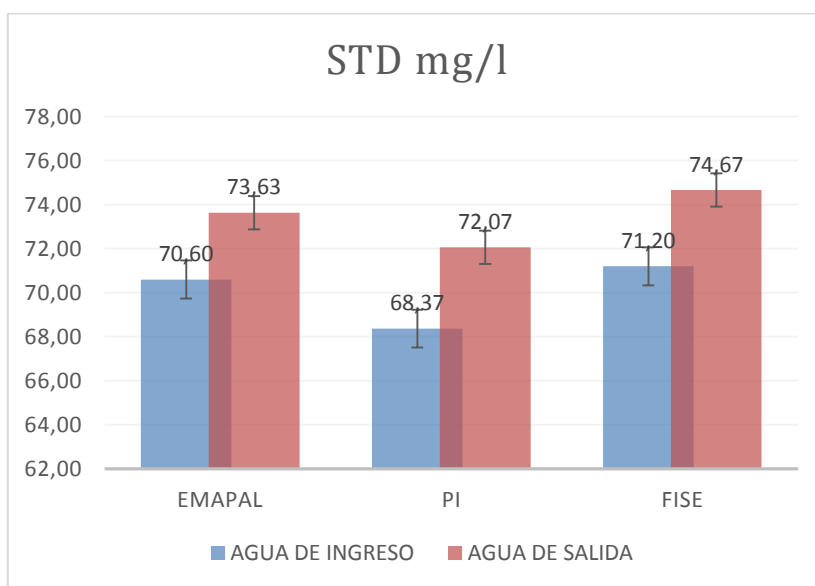


Gráfica 13. Comparación de conductividad entre las plantas de tratamiento.

Como se puede observar la conductividad de el agua de salida de las plantas de tratamiento es mayor, debido a las sales que se adicionan durante su tratamiento, con la adición de polímero y sulfato de aluminio. Los valores promedios obtenidos de las plantas de tratamiento de EMAPAL, Plan Internacional y FISE se encuentran dentro de lo establecido en la NTE INEN que es de 1500 $\mu\text{mho/cm}$.

- **Sólidos Totales Disueltos:**

| STD mg/L | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 70.60 | 68.37 | 71.20 | 73.63 | 72.07 | 74.67 |
| Min: | 68.00 | 67.50 | 62.60 | 71.30 | 70.80 | 66.10 |
| Máx: | 72.80 | 69.30 | 76.30 | 76.20 | 73.90 | 79.70 |
| Desviación Estándar: | 2.42 | 0.90 | 7.49 | 2.46 | 1.63 | 7.46 |
| CV% | 3.43 | 1.32 | 10.52 | 3.34 | 2.26 | 9.99 |
| INEN 1108:11 | 1000 | | | 1000 | | |

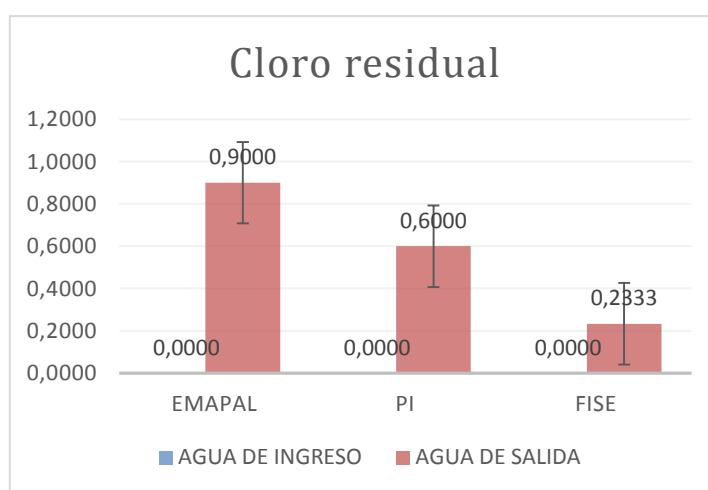


Gráfica 14. Comparación de sólidos totales disueltos entre las plantas de tratamiento.

En la gráfica podemos apreciar que los valores promedio de las plantas de tratamiento de EMAPAL, Plan Internacional y FISE de sólidos totales disueltos son mayores en el agua de salida. Estos valores obtenidos de las tres plantas de tratamiento se encuentran dentro de lo establecido en la NTE INEN que es de 1000 mg/l.

- **Cloro Residual:**

| CLORO RESIDUAL | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|---------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9000 | 0.6000 | 0.2333 |
| Moda: | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9000 | 0.6000 | 0.1000 |
| Min: | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9000 | 0.6000 | 0.1000 |
| Máx: | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.9000 | 0.6000 | 0.5000 |
| Desviación Estándar: | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.2309 |
| CV% | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 98.9743 |
| INEN 1108:11 | 0.3 - 1.5 | | | 0.3 - 1.5 | | |

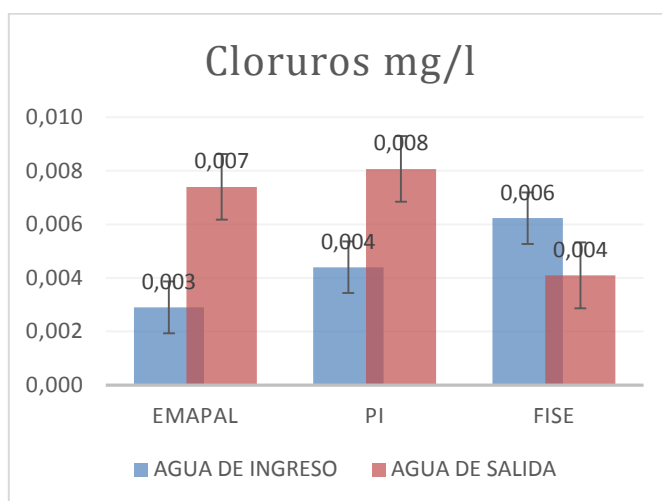


Gráfica 15. Comparación de cloro residual entre las plantas de tratamiento.

Como se puede apreciar el agua de entrada no presenta cloro ya que es agua cruda. Los valores promedios obtenidos de el agua de salida de las plantas de tratamiento de EMAPAL y PI se encuentran dentro de lo establecido en la NTE INEN que es de 0,3 – 1,5mg/l. En la planta de tratamiento del FISE el valor promedio es inferior a la normativa de referencia; esto es debido a que la cloración se realiza una vez por semana.

- **Cloruros:**

| CLORUROS | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------|-----------------|--------|--------|----------------|--------|--------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.003 | 0.004 | 0.006 | 0.007 | 0.008 | 0.004 |
| Min: | 0.002 | 0.004 | 0.004 | 0.007 | 0.006 | 0.002 |
| Máx: | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.008 | 0.009 | 0.007 |
| Desviación Estándar: | 0.001 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| CV% | 17.241 | 19.682 | 28.170 | 6.757 | 18.936 | 59.698 |
| INEN 1108:11 | 250 | | | 250 | | |

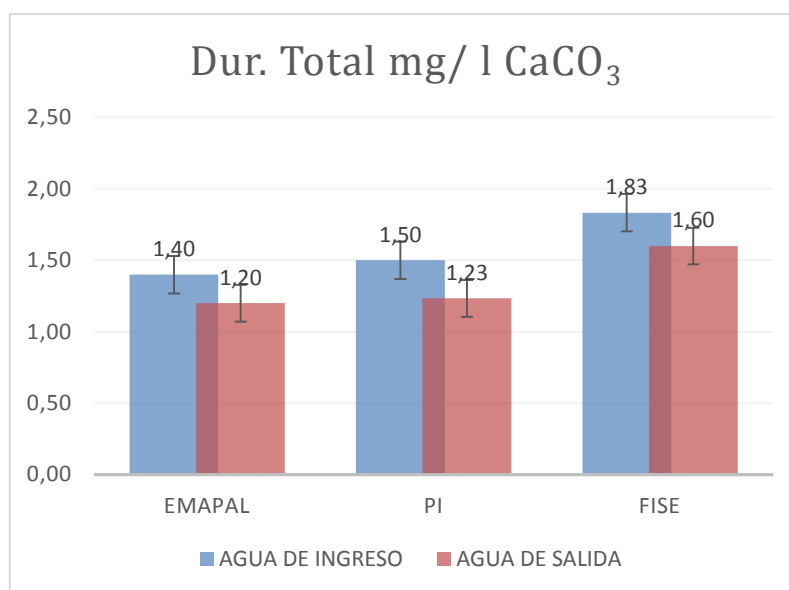


Gráfica 16. Comparación de cloruros entre las plantas de tratamiento.

En la gráfica se indica los valores promedios de cloruros de las plantas de tratamiento de EMAPAL, Plan Internacional y FISE. Estos valores se encuentran dentro de lo establecido en la NTE INEN es de 250 mg/l. En el caso de EMAPAL el incremento del valor de cloruros es debido a las reacciones que se producen al momento de la adición de sulfato de aluminio y polímero durante el proceso de potabilización de agua. En el agua de salida de la planta de tratamiento FISE hay una disminución de cloruros esto va depender de la calidad de agua de ingreso y del mantenimiento de los filtros.

- **Dureza Total:**

| Dur. Total mg/ L CaCO ₃ | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|------------------------------------|-----------------|------|------|----------------|-------|------|
| | EMAPAL | PI | FISE | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 1.40 | 1.50 | 1.83 | 1.20 | 1.23 | 1.60 |
| Moda: | 1.30 | 1.50 | 1.90 | #N/A | #N/A | #N/A |
| Min: | 1.30 | 1.50 | 1.70 | 1.10 | 1.10 | 1.50 |
| Máx: | 1.60 | 1.50 | 1.90 | 1.30 | 1.40 | 1.70 |
| Desviación Estándar: | 0.17 | 0.00 | 0.12 | 0.10 | 0.15 | 0.10 |
| CV% | 12.37 | 0.00 | 6.30 | 8.33 | 12.39 | 6.25 |
| INEN 1108:11 | 500 | | | 500 | | |

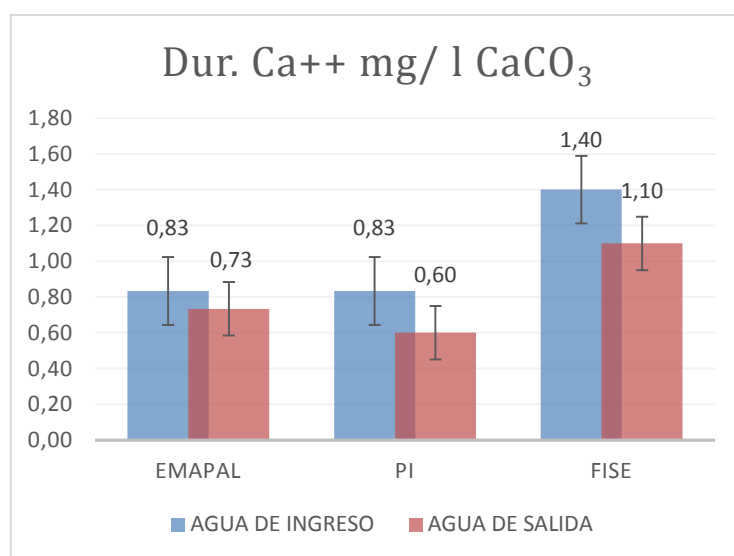


Gráfica 17. Comparación de dureza total entre las plantas de tratamiento.

Los valores promedios obtenidos de la dureza total de todas las redes de tratamiento, EMAPAL, Plan Internacional y FISE están dentro de los valores de referencia de 500mg/l según la NTE INEN, por lo que, se considera que todas las redes cumplen este parámetro. La disminución de la dureza total en el agua de salida de las tres plantas es debido al tratamiento de potabilización que se realiza con lo cual se logra el ablandamiento de la misma.

- **Dureza Cálcica:**

| Dur. Ca++ mg/ L CaCO ₃ | Agua de Entrada | | | Agua de Salida | | |
|-----------------------------------|-----------------|------|-------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FSE | EMAPAL | PI | FSE |
| Promedio: | 0.83 | 0.83 | 1.40 | 0.73 | 0.60 | 1.10 |
| Moda: | 0.80 | 0.80 | #N/A | 0.70 | #N/A | 1.30 |
| Min: | 0.80 | 0.80 | 1.10 | 0.70 | 0.50 | 0.70 |
| Máx: | 0.90 | 0.90 | 1.60 | 0.80 | 0.70 | 1.30 |
| Desviación Estándar: | 0.06 | 0.06 | 0.26 | 0.06 | 0.10 | 0.35 |
| CV% | 6.93 | 6.93 | 18.90 | 7.87 | 16.67 | 31.49 |
| INEN 1108:11 | 100mg/l | | | 100mg/l | | |



Gráfica 18. Comparación de dureza cálcica entre las plantas de tratamiento.

Al igual que la dureza total, el valor de la dureza cálcica de todas las plantas de tratamiento están dentro de la referencia establecida por la normativa, considerando su cumpliendo con este requisito. La disminución de la dureza total en el agua de salida de las tres plantas es debido al tratamiento de potabilización que se realiza con lo cual se logra el ablandamiento de la misma.

3.1.3. Resultados estadísticos del control físico-químico de las redes domiciliarias

A partir de los resultados del análisis físico- químico de las redes domiciliarias (Anexo G) se calcularon los parámetros estadísticos de cada indicador del análisis físico-químico realizado en cada una de las redes de distribución. Las tablas 12, 13 y 14 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 11. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de Zhindilig - EMAPAL.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloro residual mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/L CaCO ₃ | Dur. Ca ⁺⁺ mg/L CaCO ₃ |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|---------------------|---------------|-----------------------------------|--|
| Promedio: | 14.13 | 7.16 | 0.33 | 0.41 | 149.35 | 74.64 | 0.60 | 0.0071 | 1.47 | 0.89 |
| Moda: | 13.00 | 7.00 | 0.00 | 0.43 | 154.50 | 76.50 | 0.60 | 0.0074 | 1.60 | 0.80 |
| Min: | 12.00 | 6.80 | 0.00 | 0.34 | 140.70 | 70.30 | 0.50 | 0.0059 | 1.10 | 0.60 |
| Máx: | 16.00 | 7.70 | 1.00 | 0.51 | 155.50 | 77.60 | 0.70 | 0.0089 | 1.80 | 1.30 |
| Desviación Estándar: | 1.32 | 0.28 | 0.48 | 0.05 | 4.56 | 2.28 | 0.08 | 0.0007 | 0.22 | 0.20 |
| CV% | 9.34 | 3.94 | 144.91 | 12.09 | 3.05 | 3.06 | 12.91 | 10.0907 | 15.22 | 22.99 |

Tabla 12. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de PI.

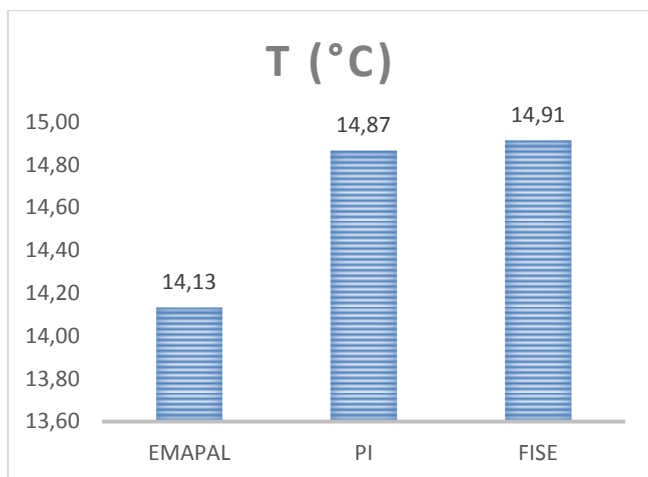
| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloro residual mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|---------------------|---------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 14.87 | 7.09 | 2.76 | 1.47 | 147.10 | 73.51 | 0.44 | 0.0077 | 1.30 | 0.70 |
| Moda: | 15.00 | 7.00 | 5.00 | 2.70 | #N/A | 75.70 | 0.50 | 0.0089 | 1.10 | 0.80 |
| Min: | 13.00 | 6.80 | 0.00 | 0.42 | 141.60 | 70.80 | 0.30 | 0.0054 | 1.00 | 0.50 |
| Máx: | 16.40 | 7.50 | 5.00 | 2.70 | 151.60 | 75.70 | 0.50 | 0.0094 | 1.60 | 1.00 |
| Desviación Estándar: | 1.02 | 0.25 | 1.92 | 0.85 | 3.47 | 1.69 | 0.07 | 0.0012 | 0.18 | 0.16 |
| CV% | 6.88 | 3.55 | 69.56 | 57.95 | 2.36 | 2.30 | 16.89 | 15.6157 | 13.91 | 23.04 |

Tabla 13. Resultados estadísticos de los parámetros físico-químicos de la red domiciliaria de FISE.

| Parámetros estadísticos | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cloro residual mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 |
|-------------------------|--------|------|----------------|---------------|----------------------------------|----------|---------------------|---------------|----------------------------------|---|
| Promedio: | 14.91 | 7.43 | 10.29 | 4.29 | 152.17 | 76.04 | 0.13 | 0.0033 | 1.45 | 1.20 |
| Moda: | 15.20 | 7.60 | 10.00 | 4.10 | #N/A | 78.20 | 0.00 | 0.0019 | 1.50 | 1.10 |
| Min: | 14.30 | 7.00 | 5.00 | 2.10 | 145.40 | 72.50 | 0.00 | 0.0009 | 1.20 | 1.00 |
| Máx: | 15.70 | 7.80 | 15.00 | 6.20 | 157.90 | 78.90 | 0.40 | 0.0069 | 1.80 | 1.50 |
| Desviación Estándar: | 0.35 | 0.23 | 3.02 | 1.24 | 3.68 | 1.87 | 0.14 | 0.0020 | 0.17 | 0.15 |
| CV% | 2.37 | 3.07 | 29.35 | 28.77 | 2.42 | 2.46 | 104.28 | 60.1727 | 12.05 | 12.82 |

3.1.3.1. Análisis comparativo de los parámetros físico- químico de las redes domiciliarias. A partir de los resultados obtenidos en las tablas anteriores (11 - 13) de cada parámetro físico-químico, se realizó la comparación de cada uno de ellos entre las tres redes de distribución presentando los siguientes resultados:

- **Temperatura:**

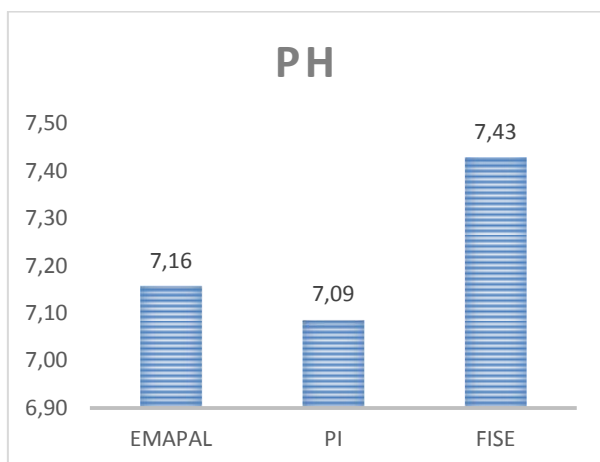


| | T (°C) | | |
|----------------------|----------------|-------|-------|
| RED | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 14.13 | 14.87 | 14.91 |
| Moda: | 13.00 | 15.00 | 15.20 |
| Min: | 12.00 | 13.00 | 14.30 |
| Máx: | 16.00 | 16.40 | 15.70 |
| Desviación Estándar: | 1.32 | 1.02 | 0.35 |
| CV% | 9.34 | 6.88 | 2.37 |
| INEN 1108:11 | Sin referencia | | |

Gráfica 19. Comparación de la temperatura entre las redes de distribución.

En esta tabla se indican los promedios de temperatura de las redes de distribución de EMAPAL, FISE y PI. En la NTE INEN no hay un valor de referencia pero se utiliza como parámetro de calidad. Como se puede apreciar las tres redes de distribución presentan una temperatura óptima para evitar el crecimiento microbiano. La temperatura máxima se registra en la red PI con 16,4°C y la mínima en la red de EMAPAL con 12 °C.

- pH:

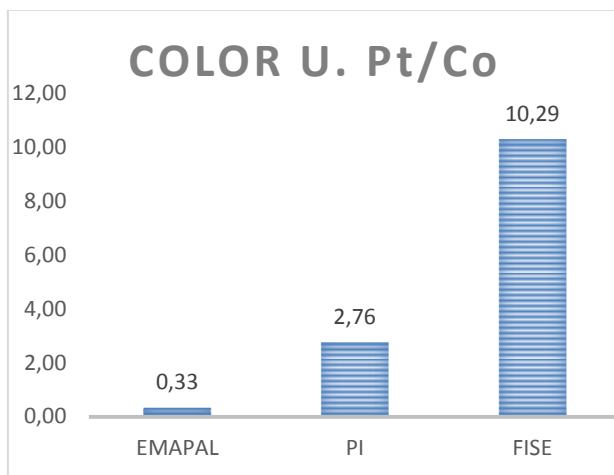


| RED | pH | | |
|----------------------|-----------|------|------|
| | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 7.16 | 7.09 | 7.43 |
| Moda: | 7.00 | 7.00 | 7.60 |
| Min: | 6.80 | 6.80 | 7.00 |
| Máx: | 7.70 | 7.50 | 7.80 |
| Desviación Estándar: | 0.28 | 0.25 | 0.23 |
| CV% | 3.94 | 3.55 | 3.07 |
| INEN 1108:11 | 6.5 - 8.5 | | |

Gráfica 20. Comparación del pH entre las redes de distribución.

Los valores promedio de pH para las tres redes de distribución domiciliarias, así como sus valores máximos y mínimos, están dentro de la referencia de la NTE INEN 1108:11. La desviación máxima respecto al valor promedio de las muestras realizadas es de 0,28 en la red de EMAPAL. Esto se ve reflejado por un coeficiente de variación de 3,94%. Es decir, la dispersión de los datos obtenidos del pH uno respecto a otro en las muestras tomadas en la red domiciliaria de EMAPAL varía en un rango de 0,0394. Se considera que esta dispersión es aceptable puesto que no incide en valores de pH por encima de los límites de referencia.

- **Color:**

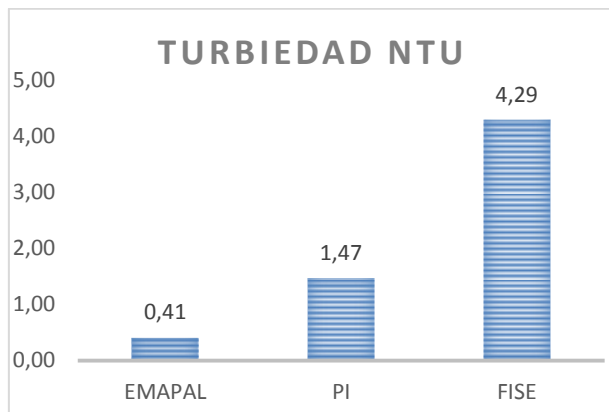


| RED | Color U. Pt/Co | | |
|----------------------|----------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.33 | 2.76 | 10.29 |
| Moda: | 0.00 | 5.00 | 10.00 |
| Min: | 0.00 | 0.00 | 5.00 |
| Máx: | 1.00 | 5.00 | 15.00 |
| Desviación Estándar: | 0.48 | 1.92 | 3.02 |
| CV% | 144.91 | 69.56 | 29.35 |
| INEN 1108:11 | 15 | | |

Gráfica 21. Comparación de color entre las redes de distribución.

A partir de los resultados mostrados en la gráfica 19 de los promedios obtenidos en el valor del color de las redes de distribución, se puede ver claramente que todas las redes cumplen con la referencia dada por la NTE INEN 1108:11, ya que su valor máximo es de 15 U. Pt/Co. Es importante indicar que las redes de FISE tienen el promedio más alto con 10,29 U. Pt/Co y el menor valor se da en las redes de EMAPAL con 0,33 Pt/Co. La fuerte variación de datos en la red de EMAPAL se debe a que los valores obtenidos en las muestras oscilan entre 0 y 1, teniendo como mayoría 0 Pt/Co. Esto hace que el promedio sea menor a la desviación estándar y por ende el porcentaje de CV se dispare.

- **Turbiedad**

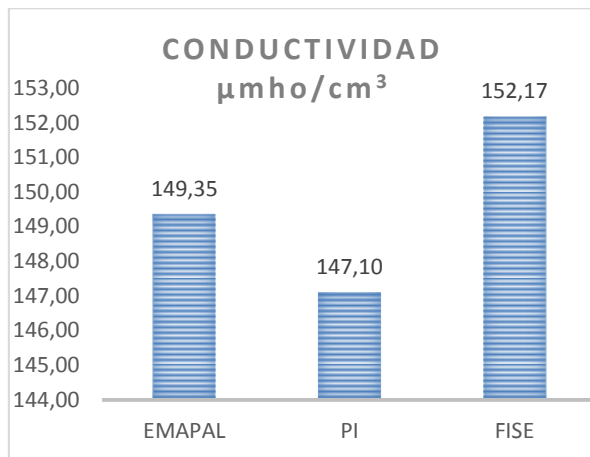


| RED | Turbiedad NTU | | |
|-----------------------------|---------------|-------|-------|
| | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.41 | 1.47 | 4.29 |
| Moda: | 0.43 | 2.70 | 4.10 |
| Min: | 0.34 | 0.42 | 2.10 |
| Máx: | 0.51 | 2.70 | 6.20 |
| Desviación Estándar: | 0.05 | 0.85 | 1.24 |
| CV% | 12.09 | 57.95 | 28.77 |
| INEN 1108:11 | 5 | | |

Gráfica 22. Comparación de turbiedad entre las redes de distribución.

Los promedios de turbiedad de las tres redes de distribución están dentro del límite permisible de la NTE INEN 1108:11; sin embargo, en la red de FISE el valor máximo obtenido durante el período de muestreo es de 6,20 NTU incumpliendo con la NTE para esa muestra específica. A pesar de sobrepasar el límite de referencia, el promedio obtenido es de 4,29 NTU lo que indica que en el período de análisis la red de FISE si cumple con la NTE. Este incremento se debe a que en el mes de junio no se hizo la filtración adecuada del agua.

- Conductividad



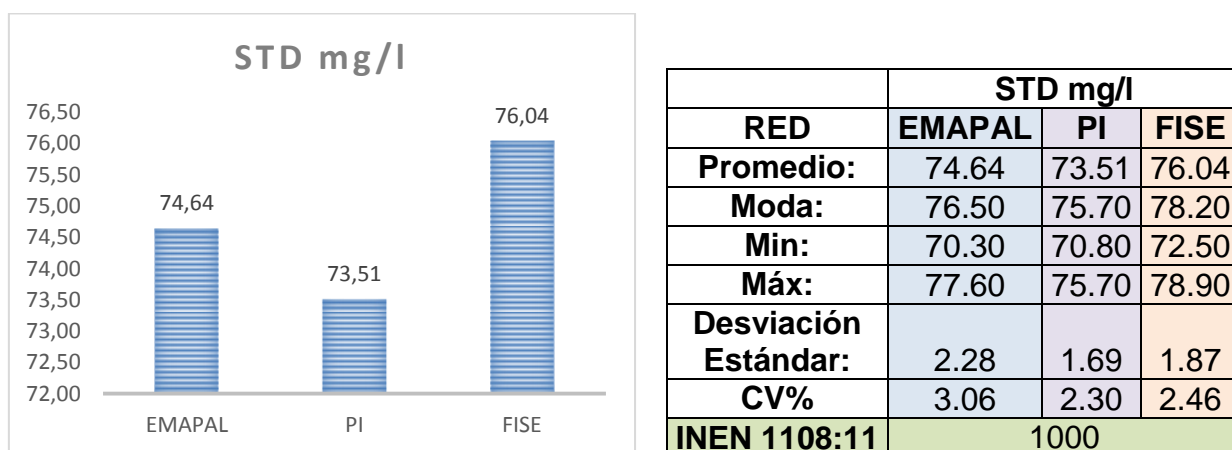
| | Conductividad $\mu\text{mho}/\text{cm}^3$ | | |
|----------------------|---|--------|--------|
| RED | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 149.35 | 147.10 | 152.17 |
| Moda: | 154.50 | - | - |
| Min: | 140.70 | 141.60 | 145.40 |
| Máx: | 155.50 | 151.60 | 157.90 |
| Desviación Estándar: | 4.56 | 3.47 | 3.68 |
| CV% | 3.05 | 2.36 | 2.42 |
| INEN 1108:11 | 1500 | | |

Gráfica 23. Comparación de conductividad entre las redes de distribución.

Los valores promedio, máximos y mínimos de conductividad de las tres redes están dentro del límite establecido en la NTE INEN 1108:11. Es importante indicar que todos estos valores están muy por debajo de la referencia por lo que es muy difícil que un momento llegasen a incumplir con este parámetro.

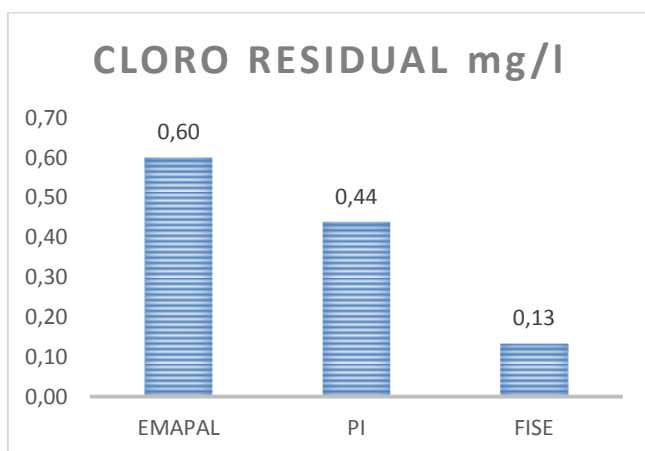
- **Sólidos Totales Disueltos:**

Al igual que la conductividad, los valores promedio, máximos y mínimos de los sólidos totales disueltos de las tres redes están dentro del límite establecido en la NTE INEN 1108:11, este resultado se presenta en la gráfica 22.



Gráfica 24. Comparación de sólidos totales disueltos entre las redes de distribución.

- **Cloro Residual:**

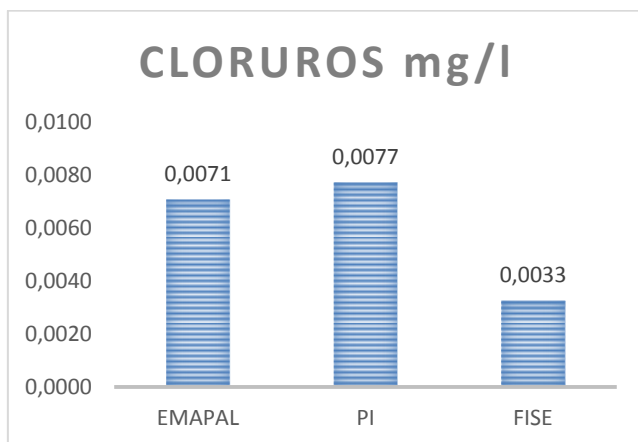


| RED | Cloro residual mg/l | | |
|-----------------------------|---------------------|-------|--------|
| | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.60 | 0.44 | 0.13 |
| Moda: | 0.60 | 0.50 | 0.00 |
| Min: | 0.50 | 0.30 | 0.00 |
| Máx: | 0.70 | 0.50 | 0.40 |
| Desviación Estándar: | 0.08 | 0.07 | 0.14 |
| CV% | 12.91 | 16.89 | 104.28 |
| INEN 1108:11 | 0.3 - 1.5 mg/l | | |

Gráfica 25. Comparación de cloro residual entre las redes de distribución.

Los valores promedio máximos y mínimos tanto de EMAPAL como PI se encuentran dentro de los límites permisibles. Sin embargo, el valor mínimo en la red PI está en el límite inferior, por lo que es de importancia prestar atención a este valor para evitar incumplir con la NTE INEN 1108:11. Por su parte, la red de FISE incumple totalmente con la normativa puesto que su promedio es de 0,13 mg/L, representando un 56% menos del valor mínimo permisible. El elevado valor del CV es resultado de la falta de cloración en los meses de mayo y junio (ver anexo L) presentando una fuerte variación de los datos de un mes a otro.

- **Cloruros:**

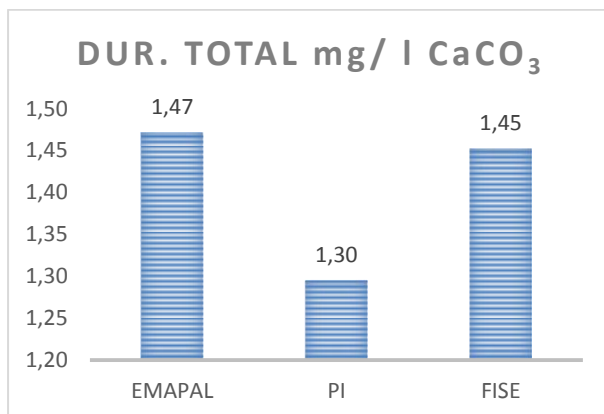


| RED | Cloruros mg/l | | |
|-----------------------------|---------------|---------|---------|
| | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.0071 | 0.0077 | 0.0033 |
| Moda: | 0.0074 | 0.0089 | 0.0019 |
| Min: | 0.0059 | 0.0054 | 0.0009 |
| Máx: | 0.0089 | 0.0094 | 0.0069 |
| Desviación Estándar: | 0.0007 | 0.0012 | 0.0020 |
| CV% | 10.0907 | 15.6157 | 60.1727 |
| INEN 1108:11 | 250 | | |

Gráfica 26. Comparación de cloruros entre las redes de distribución.

Los valores promedio, máximos y mínimos de cloruros de las tres redes están dentro del límite establecido en la NTE INEN 1108:11 como se muestra en el gráfica 24. Es importante indicar que todos estos valores están muy por debajo de la referencia por lo que es muy difícil que un momento llegasen a incumplir con este parámetro.

- Dureza Total:**

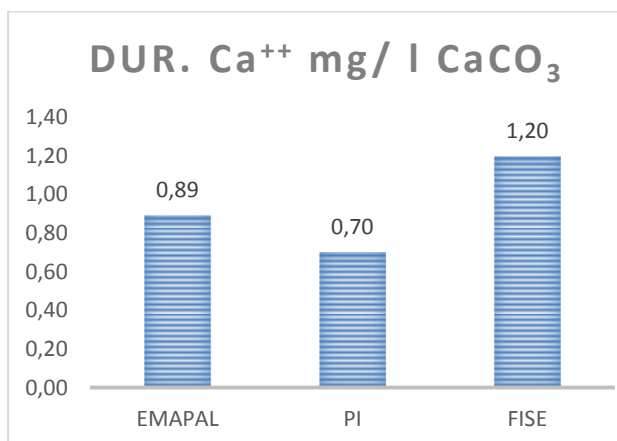


| | Dur. Total mg/ l CaCO ₃ | | |
|----------------------|------------------------------------|-------|-------|
| RED | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 1.47 | 1.30 | 1.45 |
| Moda: | 1.60 | 1.10 | 1.50 |
| Min: | 1.10 | 1.00 | 1.20 |
| Máx: | 1.80 | 1.60 | 1.80 |
| Desviación Estándar: | 0.22 | 0.18 | 0.17 |
| CV% | 15.22 | 13.91 | 12.05 |
| INEN 1108:11 | 500 | | |

Gráfica 27. Comparación de dureza total entre las redes de distribución.

Como se aprecia en la gráfica 25, todas las redes de distribución cumplen la NTE INEN 1108:11 ya que sus valores promedios, máximos y mínimos, están muy por debajo del límite establecido por la NTE.

- Dureza Cálcica:**



| | Dur. Ca ⁺⁺ mg/ l CaCO ₃ | | |
|----------------------|---|-------|-------|
| RED | EMAPAL | PI | FISE |
| Promedio: | 0.89 | 0.70 | 1.20 |
| Moda: | 0.80 | 0.80 | 1.10 |
| Min: | 0.60 | 0.50 | 1.00 |
| Máx: | 1.30 | 1.00 | 1.50 |
| Desviación Estándar: | 0.20 | 0.16 | 0.15 |
| CV% | 22.99 | 23.04 | 12.82 |
| INEN 1108:11 | 100 mg/l | | |

Gráfica 28. Comparación de Dureza cálcica entre las redes de distribución.

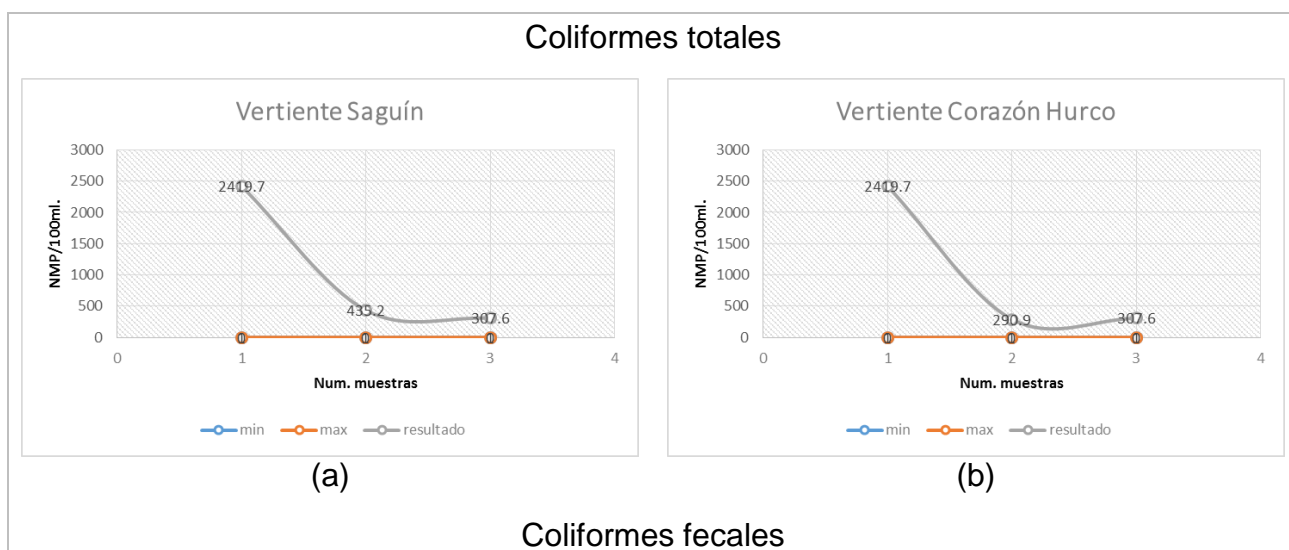
Los valores promedio de la dureza cálcica para las tres redes de distribución domiciliarias, así como sus valores máximos y mínimos, están dentro de los límites permisibles de la NTE INEN 1108:11 cumpliendo de esta manera con este parámetro.

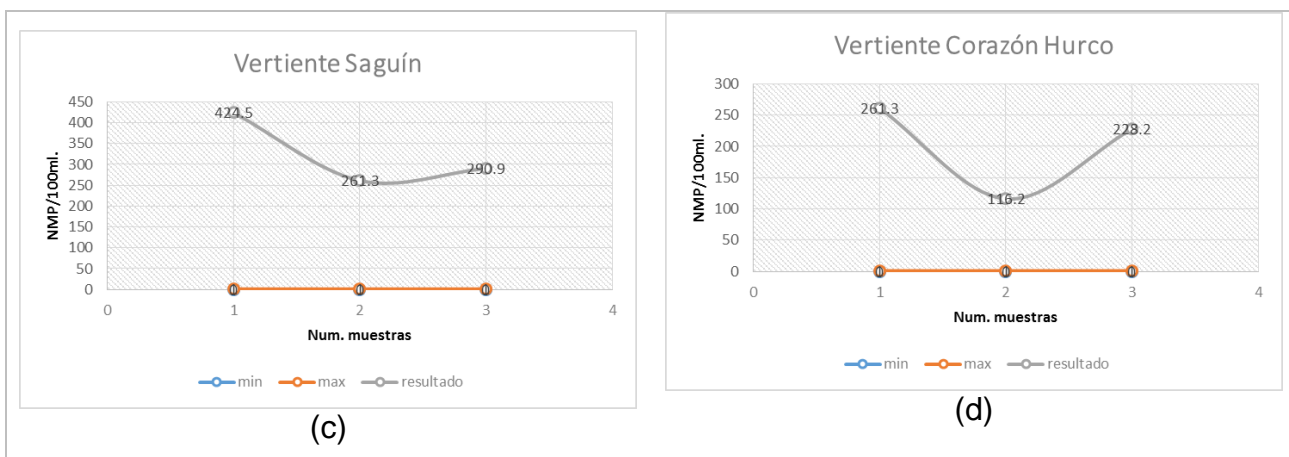
3.2. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico realizado tuvo el propósito de identificar la presencia de coliformes totales y fecales. El resultado de los análisis realizados en las vertientes, plantas de tratamiento y redes domiciliarias se muestran a continuación.

3.2.1. Vertientes

A partir de los resultados del análisis microbiológico de las vertientes (Anexo H), los valores de coliformes fecales y totales de las vertientes de Saguín y Corazón Hurco presentan valores mayores a 1 NMP/100ml comprobando la presencia de estos microorganismos en las vertientes. Este resultado obtenido es propio del agua de fuentes naturales que no han sido sometidas a tratamiento de desinfección.

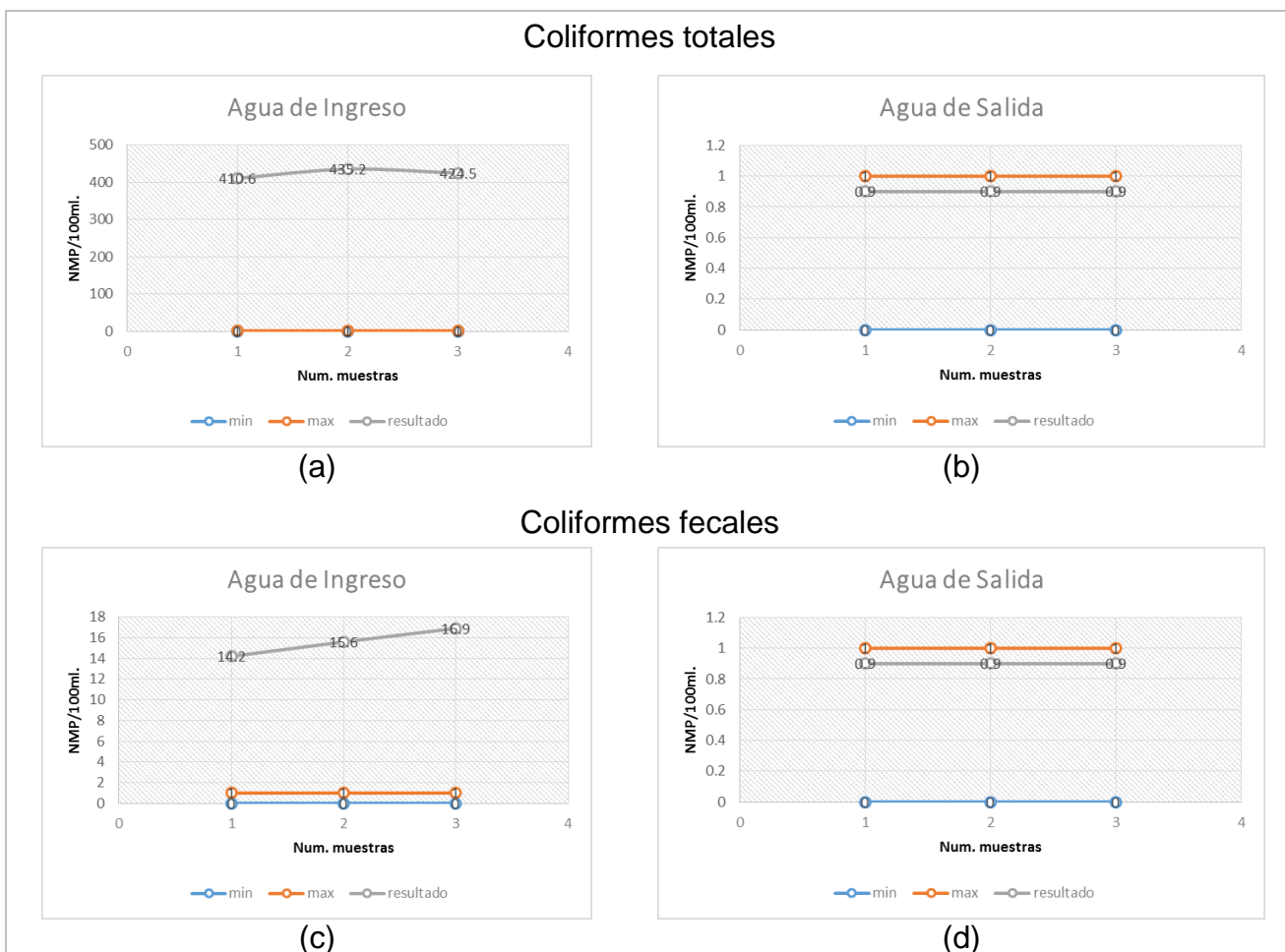




Gráfica 29. Análisis de coliformes totales y fecales en las vertientes.

3.2.2. Plantas de Tratamiento

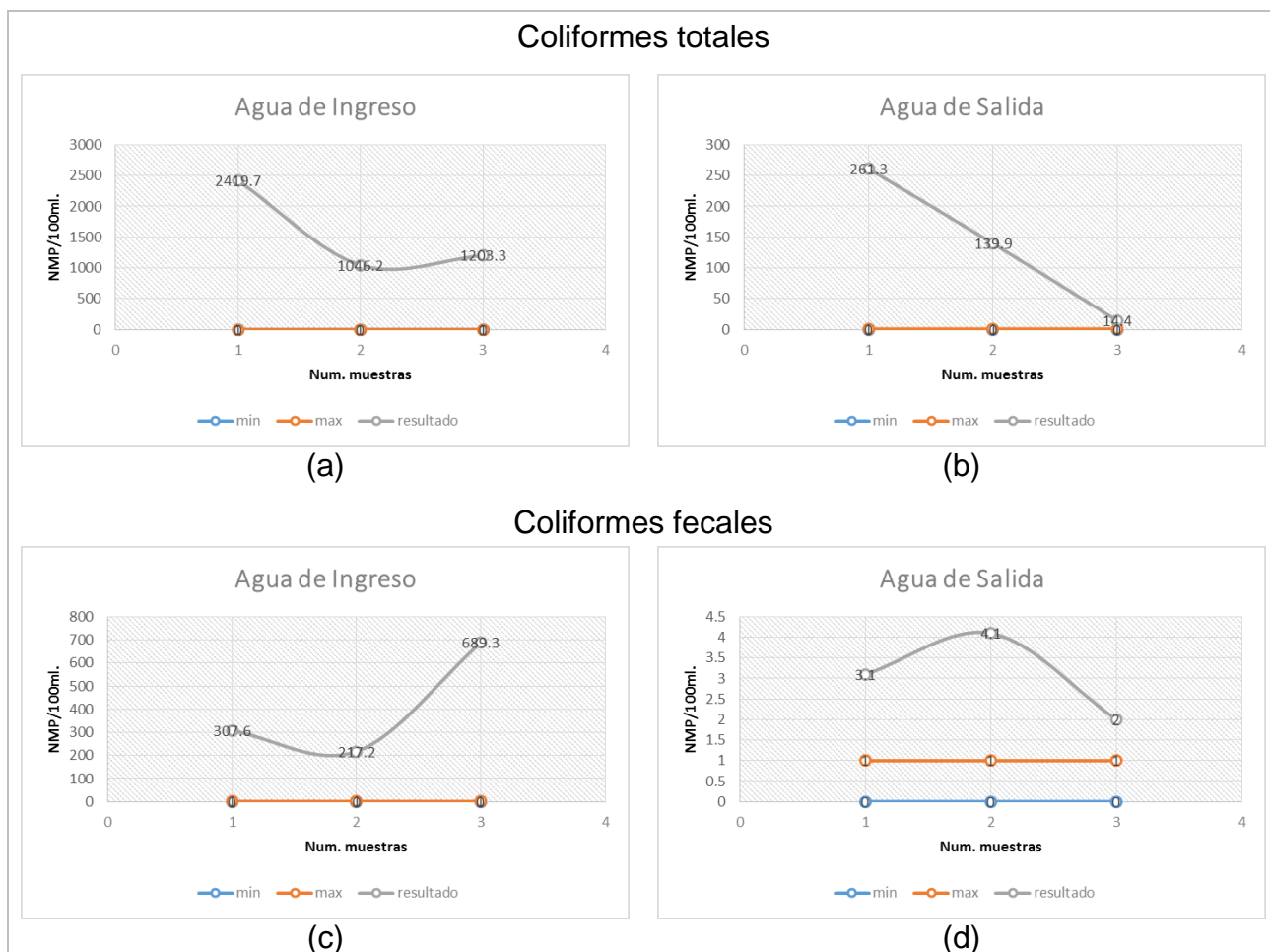
EMAPAL:



Gráfica 30. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de Zhindilig – EMAPAL.

La presencia de coliformes totales y fecales en el agua de ingreso es evidente puesto que corresponde a agua no tratada. Luego del análisis microbiológico realizado en el agua de salida, se obtiene que el 100% de las muestras analizadas presentan ausencia de coliformes totales y fecales como se indican en la gráfica 28 (b y d). Esto demuestra que el análisis realizado por la planta de tratamiento de Zhindilig perteneciente a EMAPAL es eficiente y que cumple con la NTE INEN 1108:11. El valor de cloro obtenido es de 0,9 mg/l (Anexo I).

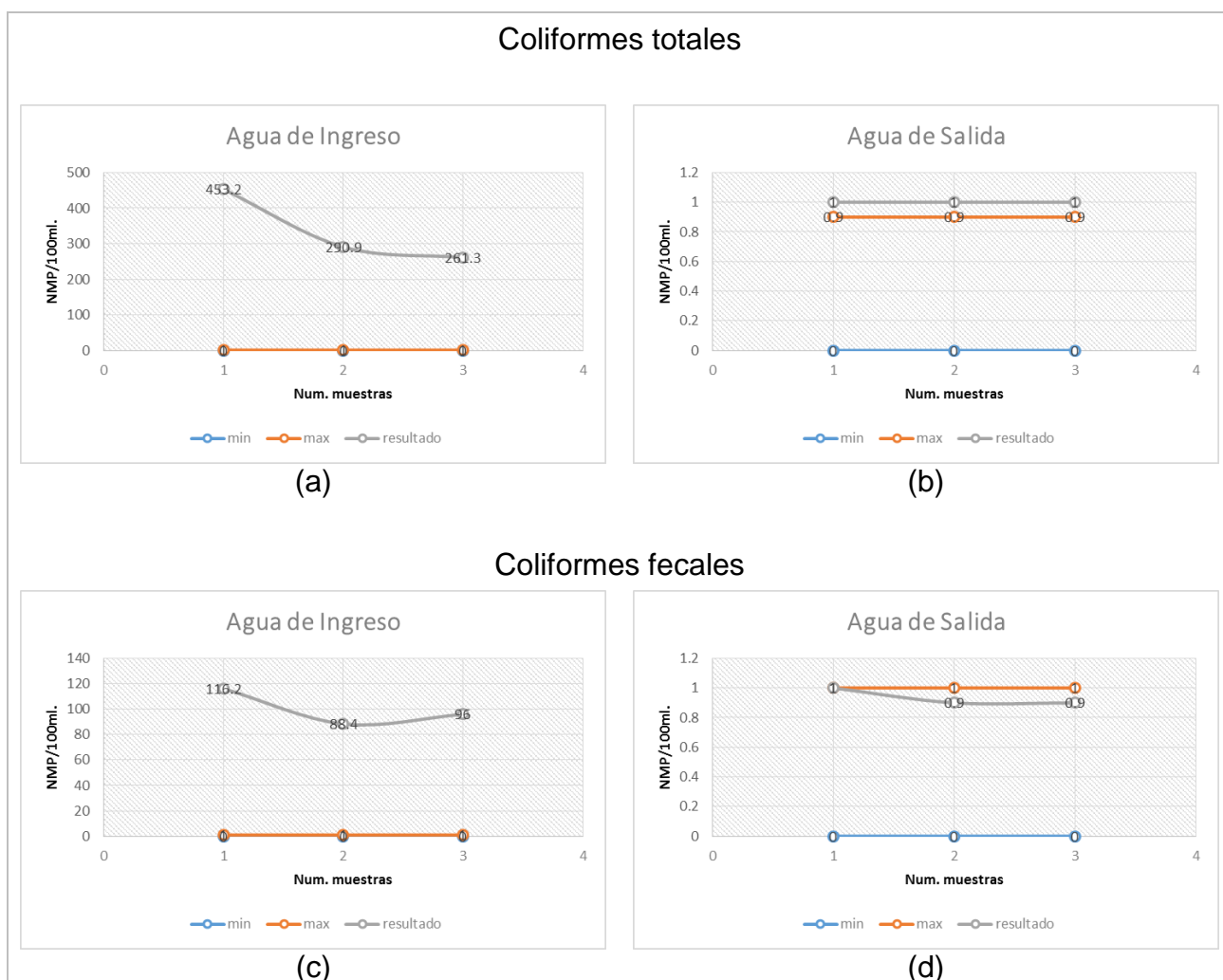
FISE:



Gráfica 31. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de FISE.

En la planta de tratamiento de FISE, la presencia de coliformes totales y fecales en el agua de ingreso también es evidente puesto que corresponde a agua no tratada. Luego del análisis microbiológico realizado, el agua de salida sigue presentando valores >1 NMP/100ml de coliformes totales y fecales pero en menor proporción éstos últimos (gráfica 29d). Esto se debe al deficiente proceso de cloración que realiza esta planta puesto que la efectúan una sola vez en la semana. El valor máximo de cloro obtenido es de 0,5 mg/l (ver anexo I).

PI:

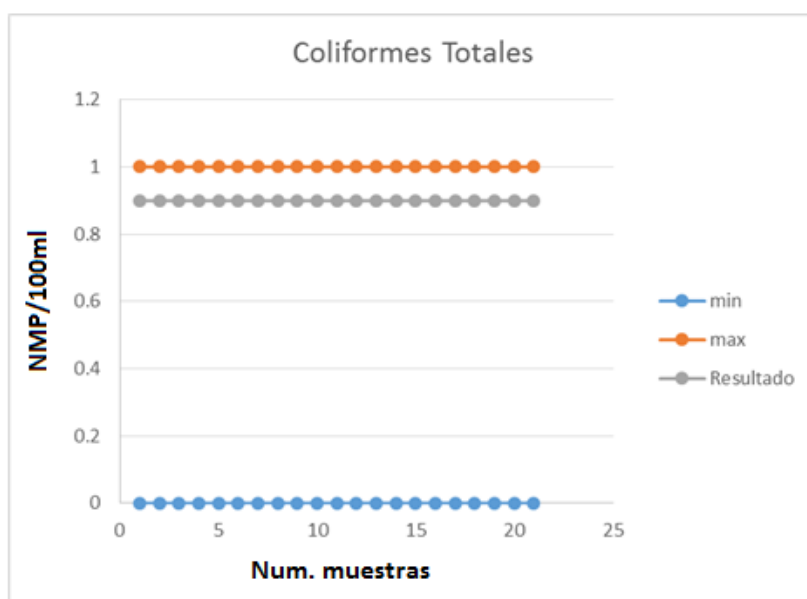


Gráfica 32. Análisis de coliformes totales y fecales en la planta de tratamiento de PI.

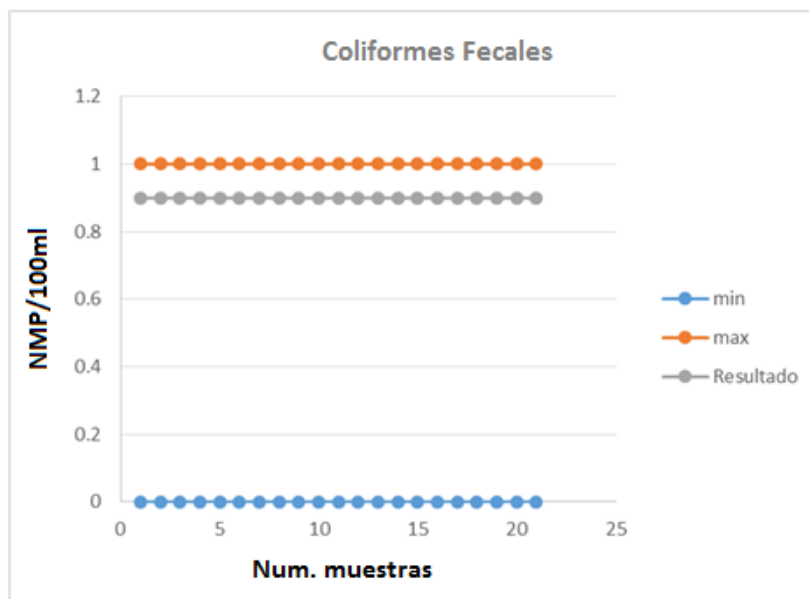
Al igual que las plantas anteriores, la presencia de coliformes totales y fecales en el agua de ingreso es evidente al tratarse de agua cruda. Luego del análisis microbiológico realizado, el agua de salida presenta valores de 1 NMP/100ml en coliformes totales incumpliendo con la NTE INEN 1108:11 (gráfica 30 b). Por su parte, el 66,67% de las muestras presentan valores >1 NMP/100ml en coliformes fecales. Los valores mínimos y máximos de cloro medido son de 0,5 y 0,6 mg/l, respectivamente (ver anexo I).

3.2.3. Redes Domiciliarias

EMAPAL:



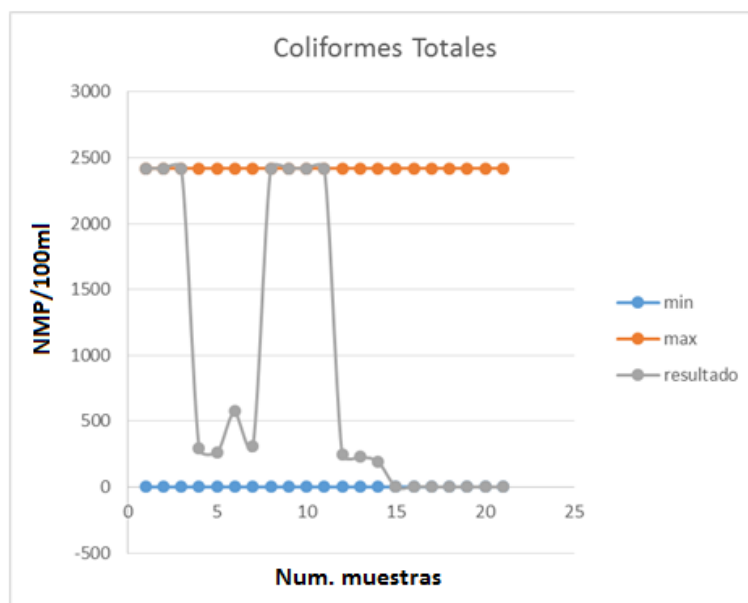
Gráfica 33. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de EMAPAL.



Gráfica 34. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de EMAPAL.

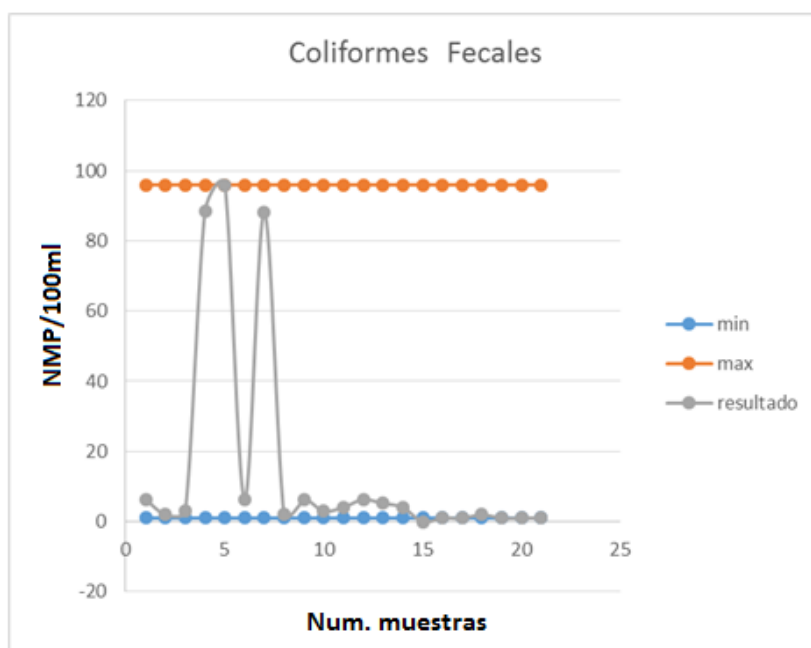
Los resultados obtenidos de las muestras de EMAPAL de coliformes totales y fecales muestran que el 100% de las muestras tomadas presentan valores menores a 1 NMP/100ml cumpliendo con lo establecido en la NTE INEN 1108:11, demostrando con ello la ausencia de coliformes totales y fecales (Anexo J). Las gráficas 30 y 31 muestran éstos resultados.

FISE:



Gráfica 35. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de FISE.

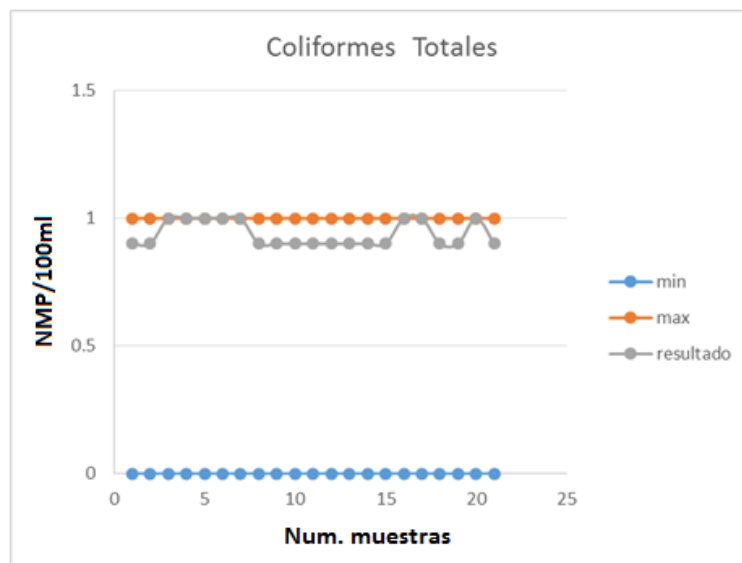
Del resultado de coliformes totales de la red domiciliaria de FISE, se puede apreciar que de las 21 muestras tomadas, 19 están fuera del rango permitido de < 1 NMP/100ml, esto es el 90,5%. La gráfica 33 muestra los valores por encima de este rango. Se aprecia que 7 muestras presentan valores por encima de los 2419,6 NMP/100ml que es el valor máximo obtenido considerándose éstos como los valores más críticos. Además otras 7 muestras tienen valores entre 100 y 600 NMP/100ml (Anexo J).



Gráfica 36. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de FISE.

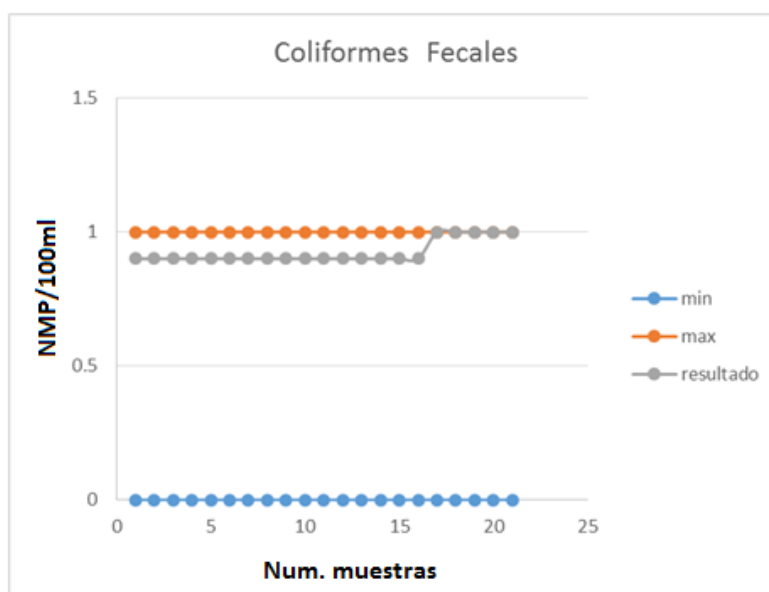
Por otro lado, el 95,2% de las muestras presentan resultados > 1 NMP/100ml en coliformes fecales. El valor máximo obtenido es de 96 NMP/100ml. La gráfica 34 muestra cómo están dispersos estos valores entre 1 y 96, observándose el incumplimiento en este rango.

PI:



Gráfica 37. Análisis de coliformes totales en las redes domiciliarias de PI.

Del resultado de coliformes totales de la red domiciliaria de PI, se puede apreciar que de las 21 muestras tomadas, 8 están fuera del rango permitido de < 1 NMP/100ml, esto es el 38,1% con valores igual a 1. La gráfica 35 muestra este resultado. Por su parte el 61,9% de las muestras presentan ausencia de coliformes totales.



Gráfica 38. Análisis de coliformes fecales en las redes domiciliarias de PI.

Por su parte, el resultado de coliformes fecales de la red domiciliaria de PI, muestra que de las 21 muestras tomadas 5 están fuera del rango permitido de < 1 NMP/100ml, esto es el 23,8% con valores igual a 1 (anexo J-PI). La gráfica 36 muestra este resultado. Por su parte el 76,2% de las muestras presentan ausencia de coliformes fecales.

CONCLUSIONES

Del estudio comparativo de la calidad de el agua y su cumplimiento o no de la NTE INEN 1108:11 de las vertientes, plantas de tratamiento y redes de distribución se emitieron las siguientes conclusiones:

Vertientes:

- El agua cruda de la vertiente de Corazón Hurco es la que presenta valores mayores de los parámetros físicos-químicos que la vertiente de Saguín. Respecto a los parámetros microbiológicos, los resultados de coliformes totales y fecales son muy similares en las dos vertientes, existiendo en ambos casos la presencia de contaminación; esto es evidente ya que se trata de un agua que no está tratada.

Plantas de tratamiento:

- Una vez que el agua de ingreso pasó por el tratamiento adecuado para su potabilización en cada planta, se pudo constatar que los valores de los parámetros de temperatura, pH, color, turbiedad, dureza total y dureza cálcica en las plantas de tratamiento de EMAPAL, PI disminuyen alcanzando en su mayoría los límites establecidos por la NTE INEN 1108:11. Sin embargo, en la planta de tratamiento del FISE el parámetro de color se encuentra en el límite de referencia, el valor de turbiedad sobrepasa el valor de referencia, teniendo claro que para una desinfección eficiente el valor de la turbiedad debe estar en 1NTU. Por su parte, la conductividad de el agua, la cantidad de sólidos totales disueltos, los niveles de cloro residual y los cloruros se incrementan en todas las plantas luego del tratamiento físico-químico realizado debido a la mejora en la calidad de la misma, cumpliendo con la normativa de referencia.

En el análisis microbiológico de el agua que ingresa a las tres plantas de tratamiento es evidente la presencia de coliformes totales y fecales ya que se

trata de un agua no tratada. Mientras que en el análisis microbiológico de el agua de salida para las tres plantas de tratamiento se muestra que la planta de tratamiento de EMAPAL realiza una eficiente desinfección en el proceso de potabilización de el agua en comparación con las otras plantas de tratamiento, debido a que existe ausencia de coliformes totales y fecales, cumpliendo de esta manera con la normativa de referencia. En las plantas de tratamiento PI y FISE existe presencia de coliformes totales y fecales pero en menor proporción estos últimos, incumpliendo así con la NTE INEN 1108:11.

Redes de distribución:

- El análisis físico-químico realizado en cada una de las redes de distribución de EMAPAL, FISE y PI demuestra que el agua de la red de EMAPAL y PI cumple con la normativa de referencia, en comparación con el agua de la red de distribución del FISE que no cumple con dos parámetros de calidad como son la turbiedad y cloro residual, mientras que los demás parámetros físico químicos se encuentran dentro de la NTE INEN 1108:11.

El análisis microbiológico de las muestras de la red de distribución EMAPAL demuestra ausencia de coliformes totales y fecales por lo tanto esta red cumple con la normativa de referencia. Por otro lado, en las muestras analizadas de la red de distribución FISE hay presencia de coliformes totales y fecales incumpliendo de este modo con la normativa; mientras que para la red de distribución PI, de las muestras analizadas un mínimo de estas presentan coliformes totales y fecales, incumpliendo así la normativa para estas muestras.

Finalmente, EMAPAL cumple con todos los parámetros de calidad establecidos por la NTE INEN 1108:11, seguido de PI cuyo incumplimiento es bajo, quedando en último lugar FISE con mayor incumplimiento.

RECOMENDACIONES

- En virtud del estudio realizado, se sugiere que la desinfección en el proceso de potabilización del agua se realice diariamente, así como el mantenimiento eficaz de la planta de tratamiento en lo referente a filtros, para conseguir de esta manera un agua que cumpla con la NTE INEN 1108:2011.
- Sensibilizar y capacitar a los operadores que se encuentran laborando en la planta de tratamiento, sobre las consecuencias que conlleva un deficiente proceso de cloración.
- Realizar un constante mantenimiento y limpieza de los filtros, para evitar que la materia orgánica con el cloro residual den la formación de trihalometanos y de esta manera obtener agua de buena calidad.
- El personal encargado de las juntas de agua debe realizar una constante vigilancia de la calidad del líquido vital, realizando análisis periódicos de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el objetivo de obtener resultados óptimos para el consumo y en el caso de que existan inconvenientes brindar soluciones oportunas.
- Implementación de un equipo de cloro gas, que beneficie al proceso de desinfección debido que, a mayor turbiedad mayor demanda de cloro.
- A partir de los datos obtenidos en éste estudio, se sugiere trabajar con un mayor número de muestras de cada punto de muestreo, tanto de las redes domiciliarias como de las plantas de tratamiento, empleando el uso de otros parámetros para complementar la información obtenida.
- Existen estudios que indican la ausencia de monoclaminas en las plantas de tratamiento, pero sería importante realizar un análisis de las mismas, debido a la ineficiencia de parámetros de color y turbiedad en el proceso de potabilización.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDA. Potabilización del Agua. [Online].; 2010 [cited 2013 Septiembre 11. Available from:
http://www.anda.gob.sv/index.php?option=com_content&view=article&id=350&Itemid=266.
2. EP E. Empresa Pública y Municipal de Agua Potable. [Online]. [cited 2013 Julio 28. Available from:
http://www.emapal.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=122:plantas-de-tratamiento&catid=64.
3. Andia Y. Coagulación y Floculación. [Online].; 2000 [cited 2013 Julio 28. Available from:
<http://www.frm.utn.edu.ar/archivos/civil/Sanitaria/Coagulaci%C3%B3n%20y%20Floculaci%C3%B3n%20del%20Agua%20Potable.pdf>.
4. De Vargas L. Mezla rápida. [Online].; 2008 [cited 2013 Julio 28. Available from:
<http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/6/CDAM0000012-6.pdf>.
5. Potabilización de Aguas. [Online]. [cited 2013 Julio 29. Available from:
<http://ambientaling.files.wordpress.com/2010/03/tema33.pdf>.
6. Romero M. Tratamientos utilizados en la potabilización de agua. [Online].; 2009 [cited 2013 Agosto 4. Available from:
http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_08_ING02.pdf.
7. Goyal M, Rivera L, Poventud A. Cloración. [Online]. [cited 2013 Agosto 7. Available from:
http://www.ece.uprm.edu/~m_goyal/gota2006/cap11cloracion.pdf.
8. Cloro. [Online].; 2003 [cited 2013 Agosto 2. Available from:
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo3.pdf>.

9. Salud OMdl. Guías para la calidad del agua potable. Tercera ed. Ginebra (Suiza); 2006.
10. UNESCO. Tercera edición del Informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: El agua en un mundo en cambio. [Online].; 2009 [cited 2013 Junio 25. Available from: http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/index_es.shtml.
11. Lenntech. Calidad de Agua. [Online].; 2006 [cited 2013 Junio 25. Available from: http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/3_Calidad_del_agua.pdf.
12. Naciones Unidas. Calidad de Agua. [Online].; 2005 [cited 2013 Septiembre 14. Available from: <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>.
13. Asociación Vida Sana. La Calidad de Agua. [Online].; 2010 [cited 2013 Septiembre 14. Available from: <http://vidasana.org/noticias-vidasana/la-calidad-del-agua.html>.
14. L. MARCÓ RACMMCG. Higiene y Sanidad Ambiental. [Online].; 2004 [cited 2013 Junio 22. Available from: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/higsand7.pdf>.
15. APHA AW. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17th ed. Madrid: Diaz de Santos S.A; 1992.
16. Hill MG. In Ingenierias de Aguas Residuales. México: Metcalf y Hedí Inc; 1996. p. 752.
17. Salud OPdl. Criterios relativos a la salud y otra inform. In Guías para la calidad del agua potable. Washington; 1987. p. 3-4.
18. INEN. Instituto Ecuatoriano de Normalización. [Online].; 1983 [cited 2013 Julio. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/973.pdf>.
19. Salud OPdl. Métodos de Análisis para la evaluación de la Calidad del Agua ;

1996.

20. Romero R. In Tratamiento de Agua Residual. Santa Fe de Bogotá: Escuela Colombia de Ingeniería; 1999. p. 785.
21. INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. [Online].; 1983 [cited 2013 Junio. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/974.pdf>.
22. Sierra J. In Análisis de Aguas y Aguas Residuales. Medellin; 1987.
23. Manual comunitario para el mejoramiento de la calidad y acceso a agua segura. [Online].; 2010 [cited 2013 Junio 29. Available from: <http://rimd.org/advf/documentos/4a1143cad5fb9.pdf>.
24. Association- APH. Análisis Microbiológico del agua. [Online].; 2012 [cited 2013 Julio 16. Available from: <http://quimiambientalutp.files.wordpress.com/2012/05/analisis-microbiolc3b3gico-del-agua.pdf>.
25. INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. [Online].; 1983 [cited 2013 Julio 22. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/971.pdf>.
26. INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. [Online].; 1984 [cited 2013 JULIO 24. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/970.pdf>.
27. INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. [Online].; 1983 [cited 2013 JULIO 27. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/1107.pdf>.
28. INEN. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. [Online].; 1982 [cited 2013 JULIO 29. Available from: <http://www.inen.gob.ec/images/pdf/nte/976.pdf>.

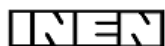
29. Montesdeoca C. Determinación de Cloro residual y Cloro Total. [Online].; 2012 [cited 2013 Julio 20. Available from: <http://induquimgonveg.com/files/Determinacion%20de%20Cloro%20Total,%20Combinado%20y%20Residual.pdf>.
30. Contreras K, Contreras J, Corti M, De Sousa J, Duran M, Escalante M. El agua un recurso para preservar. [Online].; 2008 [cited 2013 Julio 16. Available from: <http://www.eventos.ula.ve/ciudadesostenible/documentos/pdf/agua.pdf>.
31. Guia Nutricional. [Online]. [cited 2013 Junio 20. Available from: <http://www.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-I/guia/PDF/Guia%20de%20Alimentacion%20y%20Salud%20-%20Guia%20Nutricional.pdf>.
32. Diaz M, Gonzalez J, Fernandez S, Layana J, Maldonado N. El agua. [Online].; 2007 [cited 2013 Julio 16. Available from: <http://es.scribd.com/doc/23351211/El-Agua-bioquimica>.
33. Avila H, Aedo A, Levin G, Bourgues H, Barquera S. El agua en la nutrición. [Online].; 2013 [cited 2013 Julio 16. Available from: <http://www.nietoeditores.com.mx/download/actapediatrica/2013/Marzo-Abril/Acta%202.14%20agua%20en%20la%20nutricion.pdf>.
34. Indicadores de contaminación fecal en aguas. [Online].; 2000 [cited 2013 Junio 20. Available from: http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf.
35. Arcos M, Avila S, Estupañán S, Gómez A. Indicadores microbiológicos de contaminación de las. [Online].; 2010 [cited 2013 Julio 16. Available from: http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf.
36. Aspectos biológicos de la calidad del agua. [Online]. [cited 2013 Agosto 1. Available from: <http://www.ingenieriasanitaria.com/pdf/cap6.pdf>.
37. Microbiología en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. [Online]. [cited 2013 Agosto 7. Available from:

<http://www.oocities.org/edrochac/residuales/microbiologia1.pdf>.

38. Orellana J. Características del agua Potable. [Online].; 2005 [cited 2013 Junio 20. Available from: http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_03_Caracteristicas_del_Agua_Potable.pdf.
39. Salud OMdl. Control de la calidad del agua potable en sistemas de abastecimiento para pequeñas comunidades. Guías para la calidad del agua Potable. 2006; III(508).
40. Minchala H, Sanmartín L, Veintimilla J. Guapán, pasado y presente. Primera ed. Barzallo D, editor. Azogues: Gráficas Hernández; 2009.
41. EPMAPS. Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento. [Online]. [cited 2013 junio. Available from: http://www.emaapq.gob.ec/index.php?option=com_docman&view=docman&Itemid=571.
42. Los Andes U. Ensayo de Jarras. [Online]. [cited 2013 Agosto 2. Available from: <http://157.253.198.142/Potabilizacion/Laboratorio2.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: Norma INEN: 1108



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 1 108:2011
Cuarta revisión

AGUA POTABLE. REQUISITOS.

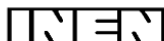
Primera Edición

DRINKING WATER. REQUIREMENTS.

Second Edition

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.
AL 01.06-401
CDU: 628.1.033
CIIU: 4200
ICS: 13.060.20

CDU: 628.1.033
ICS: 13.060.20



CIU: 4200
AL 01.06-401

**Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria**

**AGUA POTABLE.
REQUISITOS**

**NTE INEN
1 108:2011**
Cuarta revisión
2011-06

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al agua potable de los sistemas de abastecimiento públicos y privados a través de redes de distribución y tanqueros.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Agua potable.* Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano.

3.1.2 *Agua cruda.* Es el agua que se encuentra en la naturaleza y que no ha recibido ningún tratamiento para modificar sus características: físicas, químicas o microbiológicas.

3.1.3 *Límite máximo permitido.* Representa un requisito de calidad del agua potable que fija dentro del ámbito del conocimiento científico y tecnológico del momento un límite sobre el cual el agua deja de ser apta para consumo humano. Para la verificación del cumplimiento, los resultados se deben analizar con el mismo número de cifras significativas establecidas en los requisitos de esta norma y aplicando las reglas para redondear números, (ver NTE INEN 052).

3.1.4 *UFC/ml.* Concentración de microorganismos por mililitro, expresada en unidades formadoras de colonias.

3.1.5 *NMP.* Forma de expresión de parámetros microbiológicos, número más probable, cuando se aplica la técnica de los tubos múltiples.

3.1.6 *mg/l.* (miligramos por litro), unidades de concentración de parámetros físico químicos.

3.1.7 *Microorganismo patógeno.* Son los causantes potenciales de enfermedades para el ser humano.

3.1.8 *Plaguicidas.* Sustancia química o biológica que se utiliza, sola, combinada o mezclada para prevenir, combatir o destruir, repeler o mitigar: insectos, hongos, bacterias, nematodos, ácaros, moluscos, roedores, malas hierbas o cualquier forma de vida que cause perjuicios directos o indirectos a los cultivos agrícolas, productos vegetales y plantas en general.

3.1.9 *Desinfección.* Proceso de tratamiento que elimina o reduce el riesgo de enfermedad que pueden presentar los agentes microbianos patógenos, constituye una medida preventiva esencial para la salud pública.

3.1.10 *Subproductos de desinfección.* Productos que se generan al aplicar el desinfectante al agua, especialmente en presencia de sustancias húmicas.

3.1.11 *Cloro residual.* Cloro remanente en el agua luego de al menos 30 minutos de contacto.

3.1.12 *Sistema de abastecimiento de agua potable.* El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución.

(Continúa)

DESCRIPTORES: Protección ambiental y sanitaria, seguridad, calidad del agua, agua potable, requisitos.

3.1.13 Sistema de distribución. Comprende las obras y trabajos auxiliares construidos desde la salida de la planta de tratamiento hasta la acometida domiciliaria.

4. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

4.1 Los sistemas de abastecimiento de agua potable se acogerán al Reglamento de buenas prácticas de Manufactura (producción) del Ministerio de Salud Pública.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 El agua potable debe cumplir con los requisitos que se establecen a continuación:

| PARAMETRO | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------|
| Características físicas | | |
| Color | Unidades de color aparente (Pt-Co) | 15 |
| Turbiedad | NTU | 5 |
| Olor | --- | no objetable |
| Sabor | --- | no objetable |
| Inorgánicos | | |
| Antimonio, Sb | mg/l | 0,02 |
| Arsénico, As | mg/l | 0,01 |
| Bario, Ba | mg/l | 0,7 |
| Boro, B | mg/l | 0,5 |
| Cadmio, Cd | mg/l | 0,003 |
| Cianuros, CN ⁻ | mg/l | 0,07 |
| Cloro libre residual* | mg/l | 0,3 a 1,5 ¹⁾ |
| Cobre, Cu | mg/l | 2,0 |
| Cromo, Cr (cromo total) | mg/l | 0,05 |
| Fluoruros | mg/l | 1,5 |
| Manganeso, Mn | mg/l | 0,4 |
| Mercurio, Hg | mg/l | 0,006 |
| Níquel, Ni | mg/l | 0,07 |
| Nitratos, NO ₃ | mg/l | 50 |
| Nitritos, NO ₂ | mg/l | 0,2 |
| Plomo, Pb | mg/l | 0,01 |
| Radiación total α * | Bq/l | 0,1 |
| Radiación total β ** | Bq/l | 1,0 |
| Selenio, Se | mg/l | 0,01 |

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos.
* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁸Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu
** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁸Ra

Sustancias orgánicas

| UNIDAD | Límite máximo permitido |
|--|-------------------------|
| Hidrocarburos policíclicos aromáticos HAP | |
| Benzo [a]pireno | 0,0007 |
| Hidrocarburos: | |
| Benceno | 0,01 |
| Tolueno | 0,7 |
| Xileno | 0,5 |
| Estireno | 0,02 |
| 1,2dicloroetano | 0,003 |
| Cloruro de vinilo | 0,0003 |
| Tricloroetano | 0,02 |
| Tetracloroetano | 0,04 |
| Di(2-etilhexil) ftalato | 0,008 |
| Acrylamida | 0,0005 |
| Epiclorohidrina | 0,0004 |
| Hexaclorobutadieno | 0,0006 |
| 1,2Dibromoetano | 0,0004 |
| 1,4- Dioxano | 0,05 |
| Acido Nitrotetracético | 0,2 |

(Continúa)

Plaguicidas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|----------------------------|--------|-------------------------|
| Isoproturón | mg/l | 0,009 |
| Lindano | mg/l | 0,002 |
| Pendimetalina | mg/l | 0,02 |
| Pentaclorofenol | mg/l | 0,009 |
| Dicloroprop | mg/l | 0,1 |
| Alacoloro | mg/l | 0,02 |
| Aldicarb | mg/l | 0,01 |
| Aldrín y Dieldrín | mg/l | 0,00003 |
| Carbofuran | mg/l | 0,007 |
| Clorpirifós | mg/l | 0,03 |
| DDT y metabolitos | mg/l | 0,001 |
| 1,2-Dibromo-3-cloropropano | mg/l | 0,001 |
| 1,3-Dicloropropeno | mg/l | 0,02 |
| Dimetoato | mg/l | 0,006 |
| Endrin | mg/l | 0,0006 |
| Terbutilazina | mg/l | 0,007 |
| Clordano | mg/l | 0,0002 |

Residuos de desinfectantes

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|----------------|--------|-------------------------|
| Monocloramina, | mg/l | 3 |

Subproductos de desinfección

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|---------------------------------|--------|-------------------------|
| 2,4,6-triclorofenol | mg/l | 0,2 |
| Trihalometanos totales | mg/l | 0,5 |
| Si pasa de 0,5 mg/l investigar: | | |
| • Bromodichlorometano | mg/l | 0,06 |
| • Cloroformo | mg/l | 0,3 |
| Acido tricloroacético | mg/l | 0,2 |

Cianotoxinas

| | UNIDAD | Límite máximo permitido |
|-----------------|--------|-------------------------|
| Microcistina-LR | mg/l | 0,001 |

5.1.2 El agua potable debe cumplir con los siguientes requisitos microbiológicos.

Requisitos microbiológicos

| | Máximo |
|--|----------|
| Coliformes fecales ⁽¹⁾ : | |
| - Tubos múltiples NMP/100 ml ó | < 1,1 * |
| - Filtración por membrana UFC/ 100 ml | < 1 ** |
| <i>Cryptosporidium</i> , número de ooquistes/100 litros | Ausencia |
| <i>Giardia</i> , número de quistes/100 litros | Ausencia |
| * < 1,1 significa que en el ensayo del NMP utilizando 5 tubos de 20 cm ³ ó 10 tubos de 10 cm ³ ninguno es positivo | |
| ** < 1 significa que no se observan colonias | |
| ⁽¹⁾ ver el anexo 1, para el número de unidades (muestras) a tomar de acuerdo con la población servida | |

(Continúa)

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 El muestreo para el análisis microbiológico, físico, químico debe realizarse de acuerdo a los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

6.1.2 El agua potable debe ser monitoreada permanentemente para asegurar que no se producen desviaciones en los parámetros aquí indicados.

6.1.3 El manejo y conservación de las muestras para la realización de los análisis debe realizarse de acuerdo con lo establecido en los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods).

7. MÉTODOS DE ENSAYO

7.1 Los métodos de ensayo utilizados para los análisis que se especifican en esta norma serán los métodos estandarizados para el agua potable y residual (Standard Methods) especificados en su última edición. En caso que no conste el método de análisis para un parámetro en el Standard Methods, se utilizará un método estandarizado propuesto por un organismo reconocido.

(Continúa)

APENDICE Y
(Informativo)

Número de unidades a tomarse de acuerdo a la población servida

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

| POBLACIÓN | NÚMERO TOTAL DE MUESTRAS POR AÑO |
|---------------------|---|
| < 5 000 | 12 |
| 5 000 – 100 000 | 12 POR CADA 5 000 PERSONAS |
| > 100 000 – 500 000 | 120 MÁS 12 POR CADA 10 000 PERSONAS |
| > 500 000 | 180 MÁS 12 POR CADA 100 000 PERSONAS |

Guías para la calidad del agua potable 3ra. Ed. (incluido el 1er. Adendum) 2006; Capítulo 4 numeral 4.3.4 cuadro 4.5

(Continúa)

NTE INEN 976

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Standard methods. For the examination of water and wastewater. 14 th edition, 1975.

Norma sudafricana SABS Method 202. *Chloride content of water.* South African Bureau of Standards. Pretoria, 1971.

Norma Sanitaria Panamericana OFSANPAN-IALUTZ A 010. *Norma Técnica de métodos físicos y químicos para análisis de agua potable.* Oficina Sanitaria Panamericana. Washington, 1968.

ANEXO B: Certificado de realización de la parte práctica

Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado
y Saneamiento Ambiental del Cantón Azogues

"Una Empresa Municipal al Servicio de Azogues"

"DIRECCIÓN TÉCNICA - LABORATORIO"



Azogues, 13 de septiembre de 2013

Yo, Dra. Edith Urgilés Campos, Jefe del Laboratorio de la Planta de Tratamiento de Agua Potable EMAPAL EP, en calidad de tutor

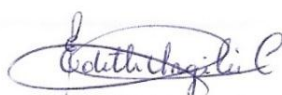
CERTIFICO

Que la señorita Daniela Liliana Gutiérrez Sarmiento, con cédula de identidad 0301572160 y la señora María Luisa Torres Sigüenza, con cédula de identidad 0302204441, estudiantes egresadas de la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas de la Escuela de Bioquímica y Farmacia, realizaron en las instalaciones de EMAPAL EP, la parte práctica de la tesis denominada **"ESTUDIO COMPARATIVO Y ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN DE LA PARROQUIA GUAPÁN DEL CANTÓN AZOGUES"**, cumpliendo satisfactoriamente los objetivos planteados inicialmente.

Es todo lo que puedo afirmar en razón a la verdad, pudiendo las estudiantes tesisistas dar uso en lo que más convenga.



**PLANTA DE
TRATAMIENTO
UCHUPUCUM**



Dra. Edith Urgilés Campos
JEFE DE LABORATORIO DE EMAPAL-EP

EDIFICIO PRINCIPAL
Av. Ernesto Guevara y Av. 16 Abril
PBX: (593 07) 2240069
Fax: Ext.: 205

LABORATORIO
PIANTA DE UCHUPUCUM
Alfonso Vintimilla y Miguel Heredia
Telf.: 2241321
www.emapal.gob.ec
emapala2@yahoo.com.ec

AGENCIA
C. C. BARTOLOMÉ SERRANO
Sucre y Matavalle
Telf.: 2249954

ANEXO C: Preparación de Reactivos

ACIDEZ

- **Solución alcohólica de Fenolftaleína:** Disolver 5g de fenolftaleína en 500ml de etanol al 95%, agregar 500ml de agua destilada.
- **Solución de NaOH 0,02N:** Pesar 0,8161g de NaOH y aforar a 1 litro de agua destilada.

ALCALINIDAD

- **Solución de carbonato sódico:** Aproximadamente 0,05N. Secar de 3 a 5g de Na_2CO_3 a 250°C durante 4 horas y enfriar en desecador. Pesar 2,5g y transferir a un matraz volumétrico de 1 litro, finalmente aforar con agua destilada.
- **Ácido clorhídrico 0,1N estándar:** Diluir 8,3ml de ácido clorhídrico concentrado a 1 litro de agua destilada.
- **Ácido clorhídrico valorado 0,02N:** Diluir 200ml de solución a 1 litro con agua destilada, valorar frente a la solución de carbonato sódico.
- **Solución indicadora naranja de metilo:** Disolver 0,5g de naranja de metilo en 1 litro de agua destilada.

DUREZA TOTAL

- **Solución Tampón:** Disolver 16,9g de NH_4Cl , con 143ml de NH_4OH concentrado, llevarlo a 250ml con agua destilada.
- **Eriocromo negro T (NET):** Ácido I - (1 hidróxido – 2 naftilazo) – 5nitro- 2 naftol 4 sulfónico. Mezclar con un mortero 0,5g de Eriocromo negro T con 100g de NaCl.
- **Solución 0,02 N de EDTA:** Pesar 3,723g de EDTA como sal disódica, llevar a 1000ml con agua destilada, estandarizado frente a una solución de Calcio estándar.
- **Solución de Calcio estándar:** Pesar 1,000g de CaCO_3 anhidro, disolverlo con HCl (1+1), añadir 200ml de agua destilada y hervir unos pocos minutos, para

eliminar el CO_2 , transferir a un balón volumétrico de un litro y aforar con agua destilada. Esta solución patrón contiene 1,00mg de CaCO_3 / 1,00ml.

DUREZA CALCICA

- **Solución Tampón:** Hidróxido de sodio 1N.
- **Murexida:** Sal común de ácido purpúrico, este indicador en el punto final de la reacción cambia de color del rosa al púrpura. Mezclar en un mortero 200mg de Murexida con 100g de NaCl.
- **Solución 0,02 N de EDTA:** Pesar 3,723g de EDTA como sal disódica, llevar a 1000ml con agua destilada, estandarizado frente a una solución de Calcio estándar.

CLORUROS

- **Solución indicador de Cromato de Potasio:** Disolver 5g de K_2CrO_4 en 100ml de agua destilada.
- **Solución valorada de nitrato de plata 0,014N:** Disolver 2,396g de AgNO_3 en agua destilada y se diluye a 1000ml de agua destilada. Se valora contra solución de NaCl 0,0141N.
- **Solución valorada de Cloruro de Sodio 0,0141N:** disolver 824,0mg de NaCl, previamente desecado a 140°C en 1000ml de agua destilada. Esta solución contiene 0,500mg de cloruros por 1ml.

CLORO RESIDUAL

- **Reactivo de orto-tolidina:** Se disuelven 1,35g de clorhidrato de ortotolidina en 500ml de agua destilada, se agrega a esta solución con agitación constante una mezcla de 350ml de agua destilada y 150ml de HCl concentrado. Almacenar a temperatura ambiente y en frasco ámbar. La reacción que se produce con la o-tolidina, forma un complejo de color amarillo.

ANEXO D: Ficha Técnica del Kit Colilert

Colilert® Kit para Prueba

Introducción

Colilert detecta simultáneamente los coliformes totales y *E. coli* en el agua. Se basa en Defined Substrate Technology® (Tecnología de sustrato definido [DST®]), patentada por IDEXX. Cuando los coliformes totales metabolizan el indicador ONPG de nutrientes de Colilert, la muestra toma una coloración amarilla. Cuando *E. coli* metaboliza el indicador MUG de nutrientes de Colilert, la muestra fluoresce. Colilert puede detectar simultáneamente estas bacterias a una concentración de 1 ufc/100 ml dentro de las 24 horas, hasta en presencia de 2 millones de bacterias heterotróficas por cada 100 ml.

Índice

- WP020I contiene 20 paquetes Snap para muestras de 100 ml
- WP200I contiene 200 paquetes Snap para muestras de 100 ml
- W050I contiene 20 paquetes Snap para muestras de 50 ml
- W050BI contiene 200 paquetes Snap para muestras de 50 ml



Almacenamiento

Almacenar a temperatura de 2° a 30°C, alejado de la luz.

Procedimiento de Presencia/Ausencia (P/A)

- Añadir el contenido de un paquete a una muestra de 100 ml (50 ml para W050I y W050BI) en un recipiente estéril transparente, no fluorescente.
- Tapar y agitar el recipiente.
- Incubar a 35 °C ± 0,5 °C durante 24 horas.
- Leer los resultados de acuerdo con el cuadro de interpretación de resultados, más abajo.



Procedimiento de Enumeración Quanti-Tray® (WP020I y WP200I solamente)

- Añadir el contenido de un paquete a una muestra de 100 ml de agua, en un recipiente estéril.
- Tapar y agitar el recipiente hasta disolver.
- Verter la mezcla de muestra/reactivo en una Quanti-Tray o una Quanti-Tray/2000 y sellar en un sellador de Quanti-Tray de IDEXX.
- Colocar la bandeja sellada en una incubadora a 35 °C ± 0,5 °C durante 24 horas.
- Leer los resultados de acuerdo con el cuadro de interpretación de resultados, más abajo. Contar el número de pocillos positivos y referirse al cuadro MPN proporcionado con las bandejas para obtener el número más probable.



Interpretación de resultados

| Aspecto | Resultado |
|--|---|
| Menos amarillo que el comparador* | Negativo para coliformes totales y <i>E. coli</i> |
| Amarillo igual o mayor que el del comparador* | Positivo para coliformes totales |
| Amarillo y fluorescencia iguales o mayores que los del comparador* | Positivo para <i>E. coli</i> |

- Buscar fluorescencia usando una luz UV de 6 vatios, 365 nm a distancia de unas 5 pulgadas (13 cm) de la muestra, en un entorno oscuro. Apuntar el haz de luz en dirección contraria a los ojos y hacia la muestra.
- Los resultados Colilert son definitivos a las 24 a 28 horas. Además, los positivos para coliformes totales y para *E. coli* observados antes de las 24 horas y los negativos observados después de las 28 horas también son válidos.

Notas sobre el procedimiento

- Este prospecto tal vez no refleje sus reglamentaciones locales. Para probar el cumplimiento, asegurarse de seguir los procedimientos reglamentarios apropiados.
- Colilert puede procesarse en cualquier formato de múltiples tubos. Deben usarse los Métodos estándares para examen del agua y los cuadros MPN de aguas residuales** para encontrar los números más probables (MPN).
- Si la muestra de agua tiene un cierto color de fondo, comparar la muestra inoculada de Colilert con un blanco testigo de la misma muestra de agua.
- Si se hacen diluciones de muestra, multiplicar el valor MPN por el factor de dilución para obtener el resultado cuantitativo apropiado.
- Usar solamente agua estéril, no tamponada, libre de oxidantes, para efectuar las diluciones.
- Colilert es una prueba primaria del agua. Las características de rendimiento de Colilert no se aplican a muestras alteradas por enriquecimiento o concentración previos.
- En el caso de muestras con un exceso de cloro, tal vez se observe un destello azul al añadir Colilert. Si se observa, considerar que la muestra no es válida y suspender la prueba.
- Siempre debe utilizarse una técnica aséptica cuando se use Colilert. Desechar en cumplimiento con las Buenas Prácticas de Laboratorio.

Procedimientos de control de calidad

Se recomienda el siguiente procedimiento de control de calidad para cada lote de Colilert:

- Inocular 3 recipientes estériles cargados con 100 ml de agua estéril, con lo siguiente:
 - A. uno con Quanti-Cult™ *** de *E. coli* o con un asa estéril de ATCC**** 25922 ó 11775 (*E. coli*)
 - B. uno con Quanti-Cult de *Klebsiella pneumoniae* o con un asa estéril de ATCC 31488 (coliforme total)
 - C. uno con Quanti-Cult de *Pseudomonas aeruginosa* o con un asa estéril de ATCC 10145 ó 27853 (no coliforme)
- Seguir el procedimiento P/A o el procedimiento de enumeración Quanti-Tray mencionado anteriormente.
- Los resultados deben corresponder a los del Cuadro de Interpretación de resultados, más arriba.

ANEXO E: Resultados del análisis físico- químico de las vertientes

Las muestras se tomaron en dos vertientes: Sagúin y Corazón Hurco. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

VERTIENTE DE CORAZÓN HURCO:**Tabla 14. Resultados del análisis físico-químico de la vertiente de Corazón Hurco.**

| Fecha | Muestra | pH | Turbiedad NTU | Color U. Pt/Co | STD mg/L | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 | Cloruros mg/L |
|-------|---------|-----|---------------|----------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|---|---------------|
| mayo | 1 | 6.8 | 31 | 73 | 120 | 239.3 | 2.1 | 1.8 | 0.0094 |
| junio | 3 | 7.3 | 22.6 | 54 | 77.2 | 154.2 | 1.6 | 1.4 | 0.0089 |
| julio | 5 | 7 | 8.82 | 21 | 60.7 | 121.8 | 1.5 | 1.3 | 0.0079 |

VERTIENTE DE SAGUÍN:**Tabla 15. Resultados del análisis físico-químico de la vertiente de Sagúin.**

| Fecha | Muestra | pH | Turbiedad NTU | Color U. Pt/Co | STD mg/L | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 | Cloruros mg/L |
|-------|---------|-----|---------------|----------------|----------|----------------------------------|----------------------------------|---|---------------|
| mayo | 2 | 6.9 | 15.12 | 36 | 68.6 | 137.6 | 1.9 | 1.6 | 0.0084 |
| junio | 4 | 6.8 | 9.24 | 22 | 61.7 | 123.8 | 1.6 | 1.5 | 0.0094 |
| julio | 6 | 7 | 10.92 | 26 | 63.8 | 127.6 | 1.5 | 1.3 | 0.0079 |

ANEXO F: Resultados del análisis físico- químico de las plantas de tratamiento

EMAPAL EP:

Tabla 16. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de Zhindilig, EMAPAL.

| Fecha | Muestra | Procedencia | t (°C) | pH | Turbiedad NTU | Color U. Pt/Co | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 | Cloruros mg/L | Cl residual mg/L |
|--------|---------|-----------------|--------|----------------|---------------|----------------|----------------------------------|----------|----------------------------------|---|---------------|------------------|
| MÉTODO | | | | POTENCIOMETRÍA | | | | | TITULACIÓN CON EDTA | TITULACIÓN CON EDTA | ARGENTOMETRÍA | ORTOTOLIDINA |
| mayo | 1 | Agua de Ingreso | 11.6 | 7.7 | 2.93 | 53 | 36 | 18 | 1.3 | 0.8 | 0.0024 | 0 |
| mayo | 2 | Agua de Salida | 11.5 | 6.8 | 0.42 | 0 | 42.5 | 21.5 | 1.1 | 0.7 | 0.0074 | 0.9 |
| junio | 7 | Agua de Ingreso | 11.9 | 7.4 | 1.15 | 72.15 | 42 | 21 | 1.3 | 0.9 | 0.0029 | 0 |
| junio | 8 | Agua de Salida | 11.6 | 7.2 | 0.36 | 0 | 46 | 23 | 1.2 | 0.8 | 0.0069 | 0.9 |
| julio | 13 | Agua de Ingreso | 10.8 | 7.9 | 0.98 | 26 | 44 | 22 | 1.6 | 0.8 | 0.0034 | 0 |
| julio | 14 | Agua de Salida | 11 | 7 | 0.34 | 0 | 52 | 26 | 1.3 | 0.7 | 0.0079 | 0.9 |

PLAN INTERNACIONAL:

Tabla 17. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de PI.

| Fecha | Muestra | Procedencia | T (°C) | pH | Turbiedad NTU | Color U. Pt/Co | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 | Cloruros mg/L | Cl residual mg/L |
|-------|---------|-----------------|--------|-----|---------------|----------------|----------------------------------|----------|----------------------------------|---|---------------|------------------|
| mayo | 3 | Agua de Ingreso | 15.5 | 7 | 0.74 | 14 | 38.7 | 19.3 | 1.5 | 0.8 | 0.0039 | 0 |
| mayo | 4 | Agua de Salida | 14.8 | 6.8 | 0.42 | 4 | 47.8 | 23.9 | 1.4 | 0.7 | 0.0084 | 0.6 |
| junio | 9 | Agua de Ingreso | 12.6 | 7.7 | 0.64 | 13 | 34.9 | 17.4 | 1.5 | 0.8 | 0.0054 | 0 |
| junio | 10 | Agua de Salida | 12 | 7.6 | 0.38 | 6 | 41.5 | 20.6 | 1.1 | 0.5 | 0.0094 | 0.6 |
| julio | 15 | Agua de Ingreso | 14.2 | 7.7 | 0.85 | 17 | 36.5 | 18.1 | 1.5 | 0.9 | 0.0039 | 0 |
| julio | 16 | Agua de Salida | 14.2 | 7.7 | 0.45 | 8 | 43.8 | 21.9 | 1.2 | 0.6 | 0.0064 | 0.6 |

FISE:
Tabla 18. Resultados del análisis físico-químico de la planta de tratamiento de FISE.

| Fecha | Muestra | Procedencia | T (°C) | pH | Turbiedad NTU | Color U. Pt/Co | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO_3 | Dur. Ca^{++} mg/ L CaCO_3 | Cloruros mg/L | Cl residual mg/L |
|-------|---------|-----------------|--------|----|---------------|----------------|----------------------------------|----------|----------------------------------|---|---------------|------------------|
| mayo | 5 | Agua de Ingreso | 15.8 | 7 | 0.876 | 29 | 59.7 | 26.2 | 1.9 | 1.5 | 0.0079 | 0 |
| mayo | 6 | Agua de Salida | 15.7 | 7 | 0.868 | 23 | 52.8 | 28.6 | 1.6 | 1.3 | 0.00299 | 0.1 |
| junio | 11 | Agua de Ingreso | 15.3 | 8 | 1.5 | 26 | 56.3 | 24.5 | 1.9 | 1.6 | 0.0064 | 0 |
| junio | 12 | Agua de Salida | 15 | 7 | 0.9 | 18 | 49.5 | 27.5 | 1.7 | 1.3 | 0.0024 | 0.1 |
| julio | 17 | Agua de Ingreso | 15.7 | 7 | 1.3 | 11 | 52.3 | 23.4 | 1.7 | 1.1 | 0.0044 | 0 |
| julio | 18 | Agua de Salida | 15.5 | 7 | 0.83 | 4 | 45.2 | 24.9 | 1.5 | 0.7 | 0.0069 | 0.5 |

ANEXO G: Resultados del análisis físico- químico de las redes domiciliarias

EMAPAL EP:

Tabla 19. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliaria de EMAPAL.

| Fecha | Muestra | Comunidad | Usuario | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad $\mu\text{mho/cm}$ | STD mg/L | Cl residual mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/L CaCO ₃ | Dur. Ca ⁺⁺ mg/L CaCO ₃ |
|-----------|---------|---------------|------------------|--------|-----|----------------|---------------|----------------------------------|----------|------------------|---------------|-----------------------------------|--|
| 20-may-13 | FQ1 | Zhindilig | Flia. Cabrera | 15.3 | 7.6 | 0 | 0.43 | 142.2 | 71.1 | 0.6 | 0.0069 | 1.2 | 0.8 |
| 20-may-13 | FQ 2 | Zhindilig | Flia. Palaguachi | 14.5 | 7 | 1 | 0.46 | 150.4 | 75.2 | 0.5 | 0.0074 | 1.8 | 1.1 |
| 20-may-13 | FQ 3 | Guapán centro | Flia. Gualpa | 15.2 | 7.4 | 0 | 0.49 | 143.1 | 71.5 | 0.7 | 0.0064 | 1.6 | 1 |
| 20-may-13 | FQ 4 | Guapán centro | Flia. Noa | 16 | 7 | 0 | 0.45 | 140.7 | 70.3 | 0.6 | 0.0074 | 1.1 | 0.6 |
| 20-may-13 | FQ 5 | Alliyacu | Flia. Arévalo | 15.1 | 7.2 | 1 | 0.47 | 154.5 | 77.3 | 0.5 | 0.0079 | 1.6 | 0.8 |
| 20-may-13 | FQ6 | Alliyacu | Flia. López | 13 | 7.4 | 1 | 0.42 | 152.9 | 76.5 | 0.6 | 0.0064 | 1.5 | 0.9 |
| 20-may-13 | FQ 7 | Chacapamba | Flia. Meneses | 15.3 | 7 | 0 | 0.51 | 151.8 | 75.9 | 0.7 | 0.0074 | 1.3 | 0.7 |
| 24-jun-13 | FQ 24 | Chacapamba | Flia. Espinoza | 14.1 | 6.8 | 0 | 0.36 | 146.6 | 73.3 | 0.5 | 0.0074 | 1.7 | 1.2 |
| 24-jun-13 | FQ 25 | Chacapamba | Flia. Quinteros | 13.8 | 7 | 0 | 0.41 | 148.5 | 74.3 | 0.7 | 0.0069 | 1.5 | 0.8 |
| 24-jun-13 | FQ 26 | Zhindilig | Flia. González | 12 | 7.2 | 0 | 0.34 | 143.4 | 71.7 | 0.6 | 0.0079 | 1.2 | 0.7 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------------|----------------------|------|-----|---|------|-------|------|-----|--------|-----|-----|
| 24-jun-13 | FQ 27 | Zhindilig | Flia. Quito | 13 | 7.5 | 0 | 0.37 | 152.7 | 76.4 | 0.5 | 0.0064 | 1.3 | 0.7 |
| 24-jun-13 | FQ 28 | Zhindilig | Flia. Castillo | 16 | 7.7 | 1 | 0.4 | 147.2 | 73.4 | 0.6 | 0.0064 | 1.5 | 0.9 |
| 24-jun-13 | FQ 29 | Guapán centro | Flia. Dután González | 15 | 6.8 | 1 | 0.39 | 145.8 | 72.7 | 0.6 | 0.0069 | 1.8 | 1.1 |
| 24-jun-13 | FQ 30 | Guapán centro | Tienda la Esperanza | 15 | 7 | 0 | 0.38 | 152.9 | 76.5 | 0.7 | 0.0064 | 1.6 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 47 | Alliyacu | Flia. Chaca | 14.8 | 6.8 | 0 | 0.35 | 153.5 | 76.5 | 0.7 | 0.0089 | 1.2 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 48 | Alliyacu | Comando de Policía | 15 | 7.5 | 0 | 0.43 | 154.5 | 77.3 | 0.6 | 0.0064 | 1.6 | 1.1 |
| 22-jul-13 | FQ 49 | Alliyacu | Flia. Crespo | 13 | 7 | 0 | 0.42 | 146.1 | 73.1 | 0.7 | 0.0074 | 1.7 | 1.3 |
| 22-jul-13 | FQ 50 | Guapán Centro | Flia. Redrován | 14.2 | 7 | 1 | 0.35 | 153.7 | 76.7 | 0.5 | 0.0079 | 1.1 | 0.6 |
| 22-jul-13 | FQ 51 | Guapán Centro | Flia. Guamán | 12 | 7.4 | 0 | 0.38 | 155.5 | 77.6 | 0.6 | 0.0059 | 1.4 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 52 | Zhindilig | Flia. Miranda | 12.5 | 7.2 | 0 | 0.4 | 152.1 | 76 | 0.5 | 0.0069 | 1.5 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 53 | Zhindilig | Flia. Jeres | 12 | 6.8 | 1 | 0.34 | 148.3 | 74.2 | 0.6 | 0.0074 | 1.7 | 1.2 |

PLAN INTERNACIONAL:
Tabla 20. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliaria de PI.

| Fecha | Muestra | Comunidad | Usuario | t (°C) | pH | Col or U. Pt/C o | Turbied ad NTU | Conductivi dad µmho/cm | STD mg/L | Cl residu al mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/ L CaC O ₃ | Dur. Ca ⁺⁺ mg/ L CaC O ₃ |
|-----------|---------|----------------|-----------------------------|--------|-----|------------------------------|-------------------|------------------------------|-------------|----------------------------|------------------|--|---|
| 20-may-13 | FQ 8 | Builchacapamba | Flia. Rivera | 16 | 7.3 | 5 | 2.3 | 149.6 | 74.5 | 0.5 | 0.0084 | 1.1 | 0.5 |
| 20-may-13 | FQ 9 | Builchacapamba | Flia. González | 16 | 7.5 | 1 | 0.42 | 146.7 | 73.4 | 0.5 | 0.0089 | 1.5 | 0.8 |
| 20-may-13 | FQ 10 | Guapán Quinoa | Flia. Calle | 15 | 7.2 | 4 | 1.84 | 148.4 | 74.1 | 0.4 | 0.0079 | 1.3 | 0.7 |
| 20-may-13 | FQ 11 | Guapán Quinoa | Esc. Virgilio Urgilés | 15 | 6.8 | 0 | 0.46 | 150.2 | 75.2 | 0.4 | 0.0079 | 1.2 | 0.5 |
| 20-may-13 | FQ 12 | Cachipamba | Flia. Guamán Gualpa | 14.8 | 7 | 2 | 0.92 | 145.6 | 72.7 | 0.4 | 0.0084 | 1.1 | 0.6 |
| 20-may-13 | FQ 13 | Cachipamba | Flia. Guamán Inga | 13 | 7.1 | 5 | 2.3 | 151.3 | 75.7 | 0.4 | 0.0089 | 1.6 | 0.8 |
| 20-may-13 | FQ 14 | Valdiviezo | Flia. Crespo Ortiz | 13.5 | 7 | 0 | 0.5 | 147.8 | 73.8 | 0.4 | 0.0089 | 1.1 | 0.5 |
| 24-jun-13 | FQ 31 | Cachipamba | Flia. González Guamán | 14.8 | 7 | 2 | 0.96 | 151.2 | 75.4 | 0.5 | 0.0074 | 1.4 | 0.7 |
| 24-jun-13 | FQ 32 | Cachipamba | Esc. Honorio Domínguez | 15.1 | 7 | 3 | 1.44 | 141.8 | 70.9 | 0.5 | 0.0074 | 1.2 | 0.6 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|----------------|-----------------|------|-----|---|-------|-------|------|-----|--------|-----|-----|
| 24-jun-13 | FQ 33 | Aguilán | Flia. Minchala | 13 | 7.5 | 4 | 1.92 | 143.5 | 71.8 | 0.5 | 0.0094 | 1.1 | 0.5 |
| 24-jun-13 | FQ 34 | Aguilán | Flia. Macancela | 15 | 6.8 | 1 | 0.46 | 142.4 | 71.3 | 0.5 | 0.0079 | 1.5 | 0.8 |
| 24-jun-13 | FQ 35 | Buil Guapán | Flia. González | 16 | 6.8 | 0 | 0.485 | 150.4 | 75.1 | 0.5 | 0.0089 | 1.4 | 1 |
| 24-jun-13 | FQ 36 | Buil Guapán | Flia. Aucancela | 16.4 | 7.4 | 5 | 2.4 | 147.3 | 73.7 | 0.5 | 0.0094 | 1 | 0.5 |
| 24-jun-13 | FQ 37 | Guartanchún | Flia. Allaico | 13 | 7 | 2 | 0.96 | 149.8 | 74.9 | 0.5 | 0.0084 | 1.5 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 55 | Guapán Quinua | Flia. Sanmartín | 14.8 | 6.9 | 4 | 2.16 | 143.8 | 71.9 | 0.5 | 0.0064 | 1.1 | 0.6 |
| 22-jul-13 | FQ 56 | Guapán Quinua | Flia. Peñafiel | 14.7 | 6.8 | 5 | 2.7 | 144.3 | 72.2 | 0.5 | 0.0059 | 1.2 | 0.6 |
| 22-jul-13 | FQ 57 | Builchacapamba | Flia. Azuero | 15 | 7 | 3 | 1.62 | 141.6 | 70.8 | 0.3 | 0.0059 | 1.5 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 58 | Builchacapamba | Flia. Castro | 15.4 | 7.5 | 0 | 0.542 | 142.6 | 71.2 | 0.3 | 0.0069 | 1.2 | 1 |
| 22-jul-13 | FQ 59 | Valdiviezo | Flia. Guamán | 16.2 | 7 | 5 | 2.7 | 150.7 | 75.1 | 0.4 | 0.0054 | 1.4 | 0.7 |
| 22-jul-13 | FQ 60 | Valdiviezo | Flia. González | 15 | 7.4 | 5 | 2.7 | 151.6 | 75.7 | 0.3 | 0.0064 | 1.5 | 0.8 |
| 22-jul-13 | FQ 61 | Aguilán | Flia. Paraguay | 14.5 | 6.8 | 2 | 1.08 | 148.5 | 74.3 | 0.4 | 0.0074 | 1.3 | 0.9 |

FISE:

Tabla 21. Resultados del análisis físico-químico de la red domiciliar de FISE.

| Fecha | Muestra | Comunidad | Usuario | t (°C) | pH | Color U. Pt/Co | Turbiedad NTU | Conductividad µmho/cm | STD mg/L | Cl residual mg/L | Cloruros mg/L | Dur. Total mg/ L CaCO ₃ | Dur. Ca ⁺⁺ mg/ L CaCO ₃ |
|-----------|---------|------------------|------------------------------|-----------|-----|----------------------|------------------|--------------------------|-------------|------------------------|------------------|---|--|
| 20-may-13 | FQ 16 | Calera | Flia. Crespo González | 15.2 | 7.5 | 14 | 5.88 | 157.9 | 78.8 | 0 | 0.0009 | 1.4 | 1 |
| 20-may-13 | FQ 17 | Calera | Flia. Urgilés | 15.7 | 7.3 | 13 | 5.46 | 156.3 | 78.2 | 0 | 0.0014 | 1.3 | 1.3 |
| 20-may-13 | FQ 18 | Guindilig | Flia. Ortiz | 14.5 | 7.6 | 14 | 5.88 | 157.8 | 78.9 | 0 | 0.0024 | 1.6 | 1.3 |
| 20-may-13 | FQ 19 | Guindilig | Flia. Yumbla | 14.3 | 7.2 | 11 | 4.62 | 156.4 | 78.2 | 0.1 | 0.0019 | 1.7 | 1.1 |
| 20-may-13 | FQ 20 | Buil Guapán | Flia. González | 14.7 | 7.8 | 10 | 4.2 | 155.7 | 77.8 | 0.1 | 0.0029 | 1.8 | 1.3 |
| 20-may-13 | FQ 21 | Buil Guapán | Flia. Alvares Pinos | 15.1 | 7.6 | 12 | 5.04 | 154.3 | 77.4 | 0.1 | 0.0014 | 1.5 | 1.1 |
| 20-may-13 | FQ 22 | Guapán Centro | Flia. González Verdugo | 15 | 7.6 | 10 | 4.1 | 153.2 | 76.5 | 0.1 | 0.0019 | 1.6 | 1.1 |
| 24-jun-13 | FQ 39 | Buil Guapán | Flia. Zhinin Peñafiel | 15.2 | 7.2 | 13 | 5.05 | 149.8 | 74.8 | 0 | 0.0014 | 1.5 | 1.1 |
| 24-jun-13 | FQ 40 | Buil Guapán | Flia. Alvares Pinos | 15.3 | 7.2 | 15 | 6.2 | 151 | 75.4 | 0 | 0.0019 | 1.5 | 1.2 |
| 24-jun-13 | FQ 41 | Guartanchún | Lcdo. Cárdenas | 15 | 7.5 | 14 | 5.9 | 152.6 | 76.2 | 0 | 0.0029 | 1.3 | 1.1 |



| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-------|---------------|-------------------------|------|-----|----|------|-------|------|-----|--------|-----|-----|
| 24-jun-13 | FQ 42 | Guartanchún | Flia. Macancela | 14.7 | 7.6 | 11 | 4.62 | 150.7 | 75.4 | 0 | 0.0029 | 1.4 | 1.3 |
| 24-jun-13 | FQ 43 | Calera | Flia. Avendaño | 15 | 7.2 | 9 | 3.78 | 153.8 | 76.8 | 0.1 | 0.0024 | 1.7 | 1.5 |
| 24-jun-13 | FQ 44 | Calera | Flia. González León | 14.6 | 7.6 | 6 | 2.52 | 154.2 | 77.2 | 0.1 | 0.0019 | 1.5 | 1.4 |
| 24-jun-13 | FQ 45 | Guindilig | Flia. Vivar | 14.3 | 7.3 | 10 | 4.1 | 155.2 | 77.5 | 0.1 | 0.0019 | 1.6 | 1.5 |
| 22-jul-13 | FQ 63 | Guapán Centro | Flia. Allaico Lojano | 14.8 | 7.3 | 10 | 4.2 | 149.3 | 74.5 | 0.2 | 0.0054 | 1.2 | 1.1 |
| 22-jul-13 | FQ 64 | Guapán Centro | Flia. Cárdenas González | 14.8 | 7 | 10 | 4.3 | 147.1 | 73.6 | 0.2 | 0.0049 | 1.4 | 1.2 |
| 22-jul-13 | FQ 65 | Guindilig | Flia. Macancela Zhumi | 15.1 | 7.4 | 10 | 4.1 | 148.2 | 74.1 | 0.2 | 0.0064 | 1.3 | 1 |
| 22-jul-13 | FQ 66 | Guindilig | Flia. Miranda Castro | 15.3 | 7.1 | 8 | 3.36 | 145.4 | 72.5 | 0.3 | 0.0069 | 1.2 | 1.1 |
| 22-jul-13 | FQ 67 | Guartanchún | Flia. Minchala | 14.6 | 7.6 | 6 | 2.46 | 148.5 | 74.3 | 0.4 | 0.0069 | 1.5 | 1.3 |
| 22-jul-13 | FQ 68 | Guartanchún | Flia. Rodríguez | 14.8 | 7.6 | 5 | 2.3 | 148.9 | 74.5 | 0.4 | 0.0049 | 1.3 | 1.1 |
| 22-jul-13 | FQ 69 | Calera | Flia. Dután Crespo | 15.2 | 7.8 | 5 | 2.1 | 149.2 | 74.3 | 0.4 | 0.0054 | 1.2 | 1 |

ANEXO H: Resultados del análisis microbiológico de las vertientes**Tabla 22. Resultados del análisis microbiológico de la vertiente de Corazón Hurco.**

| N° muestra | Fecha de Análisis | PRUEBA | | | |
|------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | COLIFORMES TOTALES | | COLIFORMES FECALES | |
| | | Código | Resultado UFC/100 ml | Código | Resultado UFC/100 ml |
| 1 | 20/05/2013 | 49 x 48 | > 2419,6 | 49 x 15 | 261.3 |
| 2 | 24/06/2013 | 49 x 17 | 290.9 | 45 x 5 | 116.2 |
| 3 | 22/07/2013 | 49 x 18 | 307.6 | 48 x 16 | 228.2 |

Tabla 23. Resultados del análisis microbiológico de la vertiente de Saguín.

| N° muestra | Fecha de Análisis | PRUEBA | | | |
|------------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | COLIFORMES TOTALES | | COLIFORMES FECALES | |
| | | Código | Resultado UFC/100 ml | Código | Resultado UFC/100 ml |
| 1 | 20/05/2013 | 49 x 48 | > 2419,6 | 45 x 47 | 424.5 |
| 3 | 24/06/2013 | 49 x 24 | 435.2 | 49 x 15 | 261.3 |
| 5 | 22/07/2013 | 49 x 18 | 307.6 | 49 x 17 | 290.9 |

ANEXO I: Resultados del análisis microbiológico de las plantas de tratamiento**Tabla 24. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de Zhindilig-EMAPAL.**

| N° muestra | Fecha de Análisis | Procedencia | PRUEBA | | | | | |
|------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | | | COLIFORMES TOTALES | | | COLIFORMES FECALES | | |
| | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L |
| 1 | 20/05/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 23 | 410.6 | 0 | 9 x 4 | 14.2 | 0 |
| 2 | 20/05/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 0 x 0 | < 1 | 0.9 | 0 x 0 | < 1 | 0.9 |
| 3 | 24/06/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 24 | 435.2 | 0 | 11 x 3 | 15.6 | 0 |
| 4 | 24/06/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 0 x 0 | < 1 | 0.9 | 0 x 0 | < 1 | 0.9 |
| 5 | 22/07/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 45 x 47 | 424.5 | 0 | 5 x 11 | 16.9 | 0 |
| 6 | 22/07/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 0 x 0 | < 1 | 0.9 | 0 x 0 | < 1 | 0.9 |

Tabla 25. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de PI.

| N° muestra | Fecha de Análisis | Procedencia | PRUEBA | | | | | |
|------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | | | COLIFORMES TOTALES | | | COLIFORMES FECALES | | |
| | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L |
| 1 | 20/05/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 24 | 453.2 | 0 | 45 x 5 | 116.2 | 0 |
| 2 | 20/05/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 1 x 0 | 1 | 0.6 | 1 x 0 | 1 | 0.6 |
| 3 | 24/06/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 17 | 290.9 | 0 | 39 x 8 | 88.4 | 0 |
| 4 | 24/06/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 1 x 0 | 1 | 0.5 | 0 x 0 | < 1 | 0.5 |
| 5 | 22/07/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 15 | 261.3 | 0 | 43 x 3 | 96 | 0 |
| 6 | 22/07/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 1 x 0 | 1 | 0.6 | 0 x 0 | < 1 | 0.6 |

Tabla 26. Resultados del análisis microbiológico de la planta de tratamiento de FISE.

| N° muestra | Fecha de Análisis | Procedencia | PRUEBA | | | | | |
|------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| | | | COLIFORMES TOTALES | | | COLIFORMES FECALES | | |
| | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L | Código | Resultado UFC/100 ml | Cloro residual mg/L |
| 5 | 20/05/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 48 | > 2419,6 | 0 | 49 x 18 | 307.6 | 0 |
| 6 | 20/05/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 49 x 15 | 261.3 | 0.3 | 3 x 0 | 3.1 | 0.3 |
| 11 | 24/06/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 39 | 1046.2 | 0 | 44 x 29 | 217.2 | 0 |
| 12 | 24/06/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 38 x 29 | 139.9 | 0.2 | 2 x 2 | 4.1 | 0.2 |
| 17 | 22/07/2013 | AGUA DE INGRESO (AGUA CRUDA) | 49 x 41 | 1203.3 | 0 | 48 x 40 | 689.3 | 0 |
| 18 | 22/07/2013 | AGUA DE SALIDA (AGUA TRATADA) | 10 x 3 | 14.4 | 0.5 | 0 x 2 | 2 | 0.5 |

ANEXO J: Resultados del análisis microbiológico de las redes de distribución.

Tabla 27. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de EMAPAL.

| N° muestra | Fecha de Análisis | Comunidad | Usuario | PRUEBA | | | |
|------------|-------------------|---------------|----------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | | | COLIFORMES TOTALES | | COLIFORMES FECALES | |
| | | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Código | Resultado UFC/100 ml |
| 1 | 20/05/2013 | Zhindilig | Flia. Cabrera | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 2 | 20/05/2013 | Zhindilig | Flia. Cabrera | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 3 | 20/05/2013 | Guapán centro | Flia. Gualpa | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 4 | 20/05/2013 | Guapán centro | Flia. Noa | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 5 | 20/05/2013 | Alliyacu | Flia. Arévalo | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 6 | 20/05/2013 | Alliyacu | Flia. López | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 7 | 20/05/2013 | Chacapamba | Flia. Meneses | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 8 | 24/06/2013 | Chacapamba | Flia. Espinoza | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 9 | 25/06/2013 | Chacapamba | Flia. Quinteros | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 10 | 26/06/2013 | Zhindilig | Flia. González | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 11 | 27/06/2013 | Zhindilig | Flia. Quito | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 12 | 28/06/2013 | Zhindilig | Flia. Castillo | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 13 | 29/06/2013 | Guapán centro | Flia. Dután González | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 14 | 30/06/2013 | Guapán centro | Tienda la Esperanza | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 15 | 22/07/2013 | Alliyacu | Flia. Chaca | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 16 | 22/07/2013 | Alliyacu | Comando de Policía | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 17 | 22/07/2013 | Alliyacu | Flia. Crespo | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 18 | 22/07/2013 | Guapán Centro | Flia. Redrován | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 19 | 22/07/2013 | Guapán Centro | Flia. Guamán | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 20 | 22/07/2013 | Zhindilig | Flia. Miranda | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 21 | 22/07/2013 | Zhindilig | Flia. Jeres | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |

Tabla 28. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de FISE.

| N° muestra | Fecha de Análisis | Comunidad | Usuario | PRUEBA | | | |
|------------|-------------------|---------------|-------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | | | COLIFORMES TOTALES | | COLIFORMES FECALES | |
| | | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Código | Resultado UFC/100 ml |
| 1 | 20/05/2013 | Calera | Flia. Crespo González | 49 x 48 | > 2419.6 | 5 x 1 | 6.3 |
| 2 | 20/05/2013 | Calera | Flia. Urgilés | 49 x 48 | > 2419.6 | 2 x 0 | 2 |
| 3 | 20/05/2013 | Guindilig | Flia. Ortiz | 49 x 48 | > 2419.6 | 3 x 0 | 3.1 |
| 4 | 20/05/2013 | Guindilig | Flia. Yumbra | 49 x 17 | 290.9 | 39 x 8 | 88.4 |
| 5 | 20/05/2013 | Buil Guapán | Flia. González | 49 x 15 | 261.3 | 43 x 3 | 96 |
| 6 | 20/05/2013 | Buil Guapán | Flia. Alvares Pinos | | 574.8 | 5 x 1 | 6.3 |
| 7 | 20/05/2013 | Guapán Centro | Flia. González Verdugo | 49 x 18 | 307.6 | 40 x 6 | 88.2 |
| 8 | 24/06/2013 | Buil Guapán | Flia. Zhinin Peñafiel | 49 x 48 | > 2419.6 | 2 x 0 | 2 |
| 9 | 24/06/2013 | Buil Guapán | Flia. Alvares Pinos | 49 x 48 | > 2419.6 | 6 x 0 | 6.3 |
| 10 | 24/06/2013 | Guartanchún | Lcdo. Cárdenas | 49 x 48 | > 2419.6 | 2 x 1 | 3 |
| 11 | 24/06/2013 | Guartanchún | Flia. Macancela | 49 x 48 | > 2419.6 | 4 x 0 | 4.1 |
| 12 | 24/06/2013 | Calera | Flia. Avendaño | 49 x 14 | 248.1 | 6 x 0 | 6.3 |
| 13 | 24/06/2013 | Calera | Flia. González León | 48 x 16 | 228.2 | 5 x 0 | 5.2 |
| 14 | 24/06/2013 | Guindilig | Flia. Vivar | 48 x 12 | 193.5 | 3 x 1 | 4.1 |
| 15 | 22/07/2013 | Guapán Centro | Flia. Allaico Lojano | 2 x 1 | 3 | 0 x 0 | < 1 |
| 16 | 22/07/2013 | Guapán Centro | Flia. Cárdenas González | 2 x 1 | 3 | 1 x 0 | 1 |
| 17 | 22/07/2013 | Guindilig | Flia. Macancela Zhumi | 2 x 0 | 2 | 1 x 0 | 1 |
| 18 | 22/07/2013 | Guindilig | Flia. Miranda Castro | 0 x 0 | < 1 | 2 x 0 | 2 |
| 19 | 22/07/2013 | Guartanchún | Flia. Minchala | 1 x 0 | 1 | 1 x 0 | 1 |
| 20 | 22/07/2013 | Guartanchún | Flia. Rodríguez | 0 x 0 | < 1 | 1 x 0 | 1 |
| 21 | 22/07/2013 | Calera | Flia. Dután Crespo | 1 x 0 | 1 | 1 x 0 | 1 |

Tabla 29. Resultados del análisis microbiológico de la red de distribución de PI.

| N° muestra | Fecha de Análisis | Comunidad | Usuario | PRUEBA | | | |
|------------|-------------------|----------------|------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| | | | | COLIFORMES TOTALES | | COLIFORMES FECALES | |
| | | | | Código | Resultado UFC/100 ml | Código | Resultado UFC/100 ml |
| 1 | 20/05/2013 | Builchacapamba | Flia. Rivera | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 2 | 20/05/2013 | Builchacapamba | Flia. González | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 3 | 20/05/2013 | Guapán Quinua | Flia. Calle | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 4 | 20/05/2013 | Guapán Quinua | Esc. Virgilio Urgilés | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 5 | 20/05/2013 | Cachipamba | Flia. Guamán Gualpa | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 6 | 20/05/2013 | Cachipamba | Flia. Guamán Inga | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 7 | 20/05/2013 | Valdiviezo | Flia. Crespo Ortiz | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 8 | 24/06/2013 | Cachipamba | Flia. González Guamán | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 9 | 24/06/2013 | Cachipamba | Esc. Honorio Domínguez | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 10 | 24/06/2013 | Aguilán | Flia. Minchala | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 11 | 24/06/2013 | Aguilán | Flia. Macancela | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 12 | 24/06/2013 | Buil Guapán | Flia. González | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 13 | 24/06/2013 | Buil Guapán | Flia. Aucancela | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 14 | 24/06/2013 | Guartanchún | Flia. Allaico | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 15 | 22/07/2013 | Guapán Quinua | Flia. Sanmartín | 0 x 0 | < 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 16 | 22/07/2013 | Guapán Quinua | Flia. Peñafiel | 1 x 0 | 1 | 0 x 0 | < 1 |
| 17 | 22/07/2013 | Builchacapamba | Flia. Azuero | 1 x 0 | 1 | 1 x 0 | 1 |
| 18 | 22/07/2013 | Builchacapamba | Flia. Castro | 0 x 0 | < 1 | 1 x 0 | 1 |
| 19 | 22/07/2013 | Valdiviezo | Flia. Guamán | 0 x 0 | < 1 | 1 x 0 | 1 |
| 20 | 22/07/2013 | Valdiviezo | Flia. González | 1 x 0 | 1 | 1 x 0 | 1 |
| 21 | 22/07/2013 | Aguilán | Flia. Paraguay | 0 x 0 | < 1 | 1 x 0 | 1 |